

LES APLICACIONS DELS ISÒTOPS A LA INDÚSTRIA DURANT EL FRANQUISME

Francesc X. Barca Salom
francesc.x.barca@upc.edu

1.- Introducció.

Després de la Segona Guerra Mundial, dos aplicacions de l'energia nuclear per a usos pacífics van destacar per la seva importància i per les possibilitats que tenien de revolucionar no sols la indústria, l'agricultura i la ramaderia sinó també tots els àmbits de la vida humana: la producció d'electricitat i les aplicacions dels isòtops radioactius. La primera va concretar-se en la construcció de centrals nuclears, primer de recerca i poc després de potència. La segona va tenir una primera difusió en el camp de la medicina i posteriorment va anar introduint-se a la indústria i a l'agricultura.

Les aplicacions dels isòtops artificials va començar primer als Estats Units i ben aviat es van anar estenent, amb major o menor rapidesa, als altres països. Anglaterra i França van ser els capdavanters d'aquestes aplicacions a Europa i, consegüentment, els que van liderar la formació dels altres països del seu entorn més proper.

Aquest article analitza el procés seguit pel desenvolupament de les aplicacions dels isòtops en el cas espanyol, abans fins i tot de la creació de la Junta d'Energia Nuclear i durant tota la dècada dels anys seixanta del segle XX. Entre totes les possibles aplicacions dels isòtops, aquest article solament estudia les que es van fer en el sector industrial. No obstant això, s'han considerat algunes aplicacions dutes a terme a l'agricultura per les implicacions que comportaven a les indústries alimentàries i també s'han considerat algunes aplicacions que tot i dedicar-se a la medicina representaren algun tipus de desenvolupament industrial. I finalment, s'ha tractat també de recollir les repercussions que aquestes aplicacions industrials van tenir en el món docent i en el món empresarial amb el propòsit d'establir les relacions de causa efecte.

2.-Un futur de somni.

Les aplicacions dels isòtops a la indústria comencen poc després d'acabar-se la segona guerra mundial, a partir de 1946, als EUA, a la Gran

Bretanya i a França. D'aquest països es van anar difonent cap els altres, en primer lloc a través d'informacions parcials i esbiaixades que arribaven amb els articles de les revistes tècniques i més tard, principalment després de la I Conferència de Ginebra, per la via dels acords de col·laboració entre els diversos països. A Espanya, que vivia aquests anys sotmesa a una autarquia en part imposada per l'aïllament i en part volguda pel règim dictatorial del general Franco, les notícies de les enormes avantatges que representaven els isòtops radioactius descrivien un panorama de somni. Amb els isòtops es podrien guarir malalties incurables, es podria afavorir les collites eliminant les plagues i conservant els aliments. Promeses que en una societat deprimida i que vivia sotmesa al racionament deuriem semblar un miracle diví.

Pel que fa a la indústria les aplicacions eren menys visibles per la població en general però no per als industrials als quals se'ls presentava una nova tècnica que permetria realitzar de manera més fàcil moltes de les operacions que es feien fins aleshores i que a més comportaria uns estalvis enormes.

Ja al 1948 la revista *Acero y Energía* anunciava que tot i que les aplicacions dels isòtops a la indústria no s'havien posat en marxa encara a la Gran Bretanya no trigaria massa temps a ser utilitzats entre d'altres coses per determinar les impureses dels aliatges¹. Dos anys després la revista *Physica* explicava que tant als EUA com a la Gran Bretanya s'havien multiplicat els centres productors d'isòtops i anunciava la seva aplicació per eliminar l'electricitat estàtica. En concret citava per aquesta funció l'ús d'una capa de Poloni 210 protegida per una fina capa d'or en lloc de la tradicional solució d'humidificar l'ambient que se solia utilitzar a la indústria tèxtil. També es feia esment que en empreses americanes –com la empresa Goodrich de Akron (Ohio)– s'empraven els isòtops per a mesurar gruixos de l'ordre de les deu-mil·lèsimes de polsada. Ara bé, encara semblaven presentar més avantatges les aplicacions dels traçadors que algunes empreses feien servir per la vulcanització del cautxú amb sofre, la fabricació d'acer, els tractaments superficials a la siderúrgia o la mesura del pes del colorant absorbit pel teixit, a la indústria tèxtil².

¹ HUBERT PLANT, C. (1948) "La metalurgia y la energía atómica", *Acero y Energía*, juliol-agost, 318-322.

² "Aplicaciones industriales de la energía nuclear", *Physica*. Boletín de la Asociación Nacional de Físicos de España (ANFE), Any II, juliol 1950, núm. 3, 19-22.

A Espanya, les aplicacions dels isòtops no era una activitat totalment desconeguda, ja que hi havia hagut un precedent anterior a la Guerra Civil d'ús de fonts radioactives naturals. Es tractava de l'Institut de Radioactivitat creat per José Muñoz del Castillo el 1903, catedràtic de mecànica química i química inorgànica de la Universitat de Madrid. Tot i les recerques sobre gasos rars, les col·laboracions de Marie Curie i Bela Szilard i l'encàrrec oficial de proporcionar un servei de mesura de radiacions a particulars, l'Institut, després de 1920, va caure en un declivi fins que, després de la Guerra Civil, el 1940, va ser annexionat a l'Institut Nacional de Geofísica del CSIC³.

A part d'aquesta experiència pionera, la primera aplicació de radioisòtops artificials a la indústria va tenir lloc a Espanya abans fins i tot de la creació de la Junta d'Energia Nuclear i consistiren en uns treballs de gammagrafia a principi del 1950. Al més de gener d'aquell any, l'Empresa Nacional Calvo Sotelo (ENCASO) va demanar a l'Institut de la Soldadura que col·laborés en la inspecció radiogràfica de les soldadures dels tubs col·lectors de les calderes de la Central Tèrmica en construcció a Puertollano. ENCASO, que pertanyia a l'INI tenia un dels seus centres industrials en aquest indret de Ciutat Real ja que allí hi havia pissarres bituminoses les quals havia aconseguit tractar per obtenir oli lubricant. La construcció d'una central tèrmica va ser un punt d'inflexió d'aquest projecte que pretenia de forma optimista subministrat una tercera part del consum elèctric espanyol⁴.

L'encàrrec que ENCASO va fer a l'Institut de la Soldadura era superior a les seves possibilitats ja que sols disposava d'un aparell semiportàtil de raigs X de 150 kV i davant la impossibilitat de trobar a Espanya elements radioactius emissors de raigs gamma adients, l'Institut va posar-se en contacte amb l'empresa Solus Schall Ltd., la qual va enviar el personal tècnic i l'equip necessari per a executar aquest treball d'inspecció⁵.

L'equip emissor de raigs gamma era una font d'Iridi 192 situada en una càpsula i amb una activitat de 220 milicuries. En aquesta primera inspecció es van radiografiar un total de 13 unions soldades i sols va caldre repassar una

³ ROMERO DE PABLOS, Ana; SÁNCHEZ RON, José Manuel (2001) *Energia Nuclear en España*. De la JEN al CIEMAT, Madrid, CIEMAT, 146-149.

⁴ TORTELLA, Gabriel; BALLESTERO, Alfonso; DÍAZ FERNÁNDEZ, José Luís (2003) *Del Monopolio al libre mercado. La historia de la industria petrolera española*, Madrid, LID Editorial, 246.

⁵ DOMÍNGUEZ RODRÍGUEZ, German (1976) "Isotopos", *Energia Nuclear*, vol. 20, núm. 103, setembre-octubre, 407-419.

d'elles. El treball d'inspecció va durar 9 dies i es van fer servir unes 100 pel·lícules de 4.310 polsades.

Quan va acabar la inspecció, l'Institut de la Soldadura va adquirir l'equip utilitzat i a partir d'ell es va formar els serveis de gammagrafia industrial. Posteriorment, l'any 1954, es va enviar una persona de l'Institut de la Soldadura a formar-se a l'Isotope School de l'Atòmic Energy Research Establishment de Harwell (Anglaterra). Al 1955 es van adquirir tres nous equips per a treballar amb fonts d'Iridi 192 i al 1957 es va completar el material amb una font de Cobalt 60. Encetant-se així un camp pioner d'aplicació dels isòtops artificials a la indústria⁶.

Mentre, el 21 d'octubre de 1951, un decret llei va donar pas a la que seria l'agència espanyola d'energia atòmica sota el nom de Junta d'Energia Nuclear (JEN). La JEN naixia amb uns objectius molt ambiciosos. Gairebé diríem que pretenia abastar tots els camps relacionats amb l'energia nuclear i entre ells la protecció radioactiva i la producció i distribució d'isòtops. En concret, pel que feia als isòtops, la JEN s'havia d'ocupar de la medicina nuclear i la protecció radioactiva així com de la fabricació i distribució d'isòtops per les seves diferents aplicacions a la medicina, la indústria o l'agricultura⁷.

3.- Els avantatges de la col·laboració.

Al 1953, el president Eisenhower va presentar el programa Àtoms per la Pau amb el que els Estats Units oferien ajut a diversos països en els seus programes nuclears a canvi d'obtenir el permís d'inspecció de totes les activitats nuclears i poder verificar que no hi havia desviament de material nuclear per a cap programa d'armament⁸. Una de les principals accions va ser l'organització d'una conferència internacional a Ginebra el 1955. Aquesta I Conferència per a usos pacífics de l'energia nuclear va significar un èxit mundial ja que hi van assistir més de 1.200 delegats de 73 països. Per la seva part, Espanya va participar enviant una delegació d'alt nivell i alguns dels científics

⁶ RUIZ RUBIO, A. (1967) "La gammagrafia, su estado actual y posibilidades futuras", *Energía Nuclear*, núm. 48, juliol-agost, 309-318.

⁷ Decret-Llei de 22 d'octubre de 1951. BOE, 24 d'octubre de 1951, 4778-4779.

⁸ PARSONS, R.M. (1995) "History of Technology Policy-Commercial Nuclear Power", *Journal of professional issues in engineering education and practice*, vol. 121, núm. 2, 85-98. HEWLETT, Richard G. (1989) *Atoms for Peace and War 1953-1961*, Berkeley, University of California Press, 209-271.

tics de la Junta d'Energia Nuclear van presentar-hi treballs⁹. Entre els temes analitzats de més relleu cal destacar les aplicacions dels isòtops radioactius, tan per descobrir l'antiguitat dels objectes amb Carboni 14, com per guarir malalties amb Cobalt 60 que tot semblava indicar que substituïria el Radi. També es va fer palesa l'extensió de la utilització dels traçadors a la indústria en alguns països. Una xifra que circulava entre els assistents era que Atomic Energy Commission americana havia expedit uns 4.000 lots d'isòtops a 670 laboratoris i hospitals en 46 països. Xifra que calia afegir als que subministraven els francesos, els anglesos i els soviètics i que posava de manifest el grau d'implantació que començaven a tenir aquestes aplicacions en el món¹⁰.

Tot i la importància dels isòtops, el tema central, en aquells moments, era la producció d'electricitat i per això les primeres accions que es van dur a terme un cop acabada la Conferència van anar en aquesta direcció. Per a la JEN es va obrir un ampli ventall de possibilitat amb la signatura de l'acord de cooperació entre els EEUU i Espanya en matèria d'usos pacífics de l'energia nuclear signat el 19 de juliol de 1955. Segons aquest acord, els Estats Units es comprometien a proporcionar l'urani enriquit necessari per a la construcció d'un reactor de recerca. Finalment, a mitjans 1956, es va signar el contracte de compra d'un reactor de tipus piscina a l'empresa americana International General Electric el qual va propiciar que es construís un gran centre de recerca i que la JEN dediqués durant el bienni 1956-1958 pràcticament totes les seves energies en aquest projecte.

Una altra conseqüència de la I Conferència de Ginebra va ser la creació el novembre de 1955 a l'Escola Especial d'Enginyers Industrials de Barcelona de la càtedra Ferran Tallada d'enginyeria nuclear, l'activitat de la qual va consistir a impartir cursos sobre reactors nuclears donat l'interès i necessitat que plantejava la producció elèctrica.

Fins el 1957 no hi ha en aquesta càtedra un interès manifest sobre els isòtops. Tanmateix, al mes de març d'aquell any, entre les activitats impartides per professors estrangers, hi va haver un cicle de conferències específiques

⁹ ORTEGA COSTA, Joaquín (1955) "Síntesis crítica de la Conferencia Internacional de Ginebra sobre las aplicaciones pacíficas de la energía nuclear", *Acero y Energía*, núm. 71, setembre-octubre, 39-43.

¹⁰ F.L.V. (1956) "Átomos para la paz. Los resultados de la Conferencia de Ginebra", *Metalurgia y Electricidad*, núm. 220, gener, 150-153.

sobre isòtops a càrrec de León Jacqué, de l'École Polytechnique de Paris. El cicle va constar de tres sessions que es realitzaren respectivament els dies 4, 5 i 6 d'aquell mes¹¹. Els títols de les conferències evidenciaven l'interès dels organitzadors perquè les sessions tinguessin una orientació pràctica principalment cap a les aplicacions industrials¹². Al gener de 1958 aquests continguts van ser incorporats al curs d'ampliació de la càtedra Ferran Tallada i fou novament el professor León Jacqué qui els va impartir en dues sessions titulades: *La production des isotopes radioactifs et techniques générales de leur utilisation. Divers utilisations industrielles des isotopes radioactifs*¹³.

A Madrid, també les facultats de Ciències i de Medicina impartien cursos de doctorat on es podia adquirir coneixements sobre els isòtops encara que no estaven orientats a la indústria¹⁴. No obstant fins a novembre de 1957 no hi va haver una reglamentació sobre l'ús d'isòtops i qui volia estar preparat en el maneig d'aquests elements se n'havia d'anar a formar-se a l'estranger on des de 1949 l'Oak Ridge Institute of Nuclear Studies de Tennessee impartia un curs de quatre setmanes de durada. Al 1951, a Gran Bretanya es va posar en marxa un curs similar a Harwell adreçat a llicenciats en ciències naturals¹⁵. França també va iniciar el 1956 un altre a l'Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires de Saclay.

Resulta doncs bastant evident que el lideratge de les aplicacions industrials dels isòtops, si més no pel que fa a les activitats docents, es portava des de Barcelona, mentre que a Madrid semblaven encaminats cap a les aplicacions científiques i mèdiques.

¹¹ *Ciclo de conferencias sobre isótopos. Cátedra Fernando Tallada, Barcelona, Escuela Especial de Ingenieros Industriales, març 1957.*

¹² 1) *Isotopes naturels et artificiels. Moyens de production et de séparation.* 2) *Applications des isotopes naturels. Applications des radio-isotopes aux industries métallurgiques, chimiques, mécaniques.* 3) *Emplois biochimiques des radio-isotopes. Applications dans la recherche des laboratoires. Précautions d'emploi.*

¹³ BARCA SALOM, Francesc X. (2002) *Els inicis de l'Enginyeria Nuclear a Barcelona. La Càtedra Ferran Tallada (1955-1962)*, Barcelona, Universitat Politècnica de Catalunya. Tesi doctoral. Veure: <http://www.tdx.cbuc.es/>

¹⁴ La Facultat de Ciències i la Facultat de Medicina de la Universitat de Madrid van impartir sengles cursos: "Isótopos radioactivos y Medicina nuclear" i "Radioquímica". GAMBOA LOYARTE, José Miguel; DEL VAL COB, Manuel (1960) "El Centro Nacional de Energía Nuclear 'Juan Vigón': La Sección de Isótopos", *Energía Nuclear*, núm. 15, juliol-setembre, 5-19.

¹⁵ *Energía Nuclear en Gran Bretaña.* Departamento de Documentación. Oficina Central de Información, Londres, octubre 1957, 12-15.

També al març de 1957 la JEN va començar a assumir les funcions que per llei li corresponien de subministrar, potenciar i regular l'ús d'isòtops i formar els usuaris. Per poder dur a terme totes aquestes funcions va crear-se la Secció d'Isòtops que va ser l'organisme que va omplir el buit que hi havia fins aleshores. En un principi i de manera eventual la Secció va allotjar-se més de dos anys en els locals de l'Institut Nacional d'Oncologia. En aquest període va organitzar el mecanisme per al subministrament dels isòtops el qual li va permetre de legalitzar l'ús entre aquelles persones que ja els feien servir abans. Al 1957 va concedir 27 autoritzacions cap de elles, però, adreçada a les aplicacions industrials. El subministrament no va començar fins a mitjans del més d'octubre amb isòtops importats ja que la producció pròpia era inexistent¹⁶.

El fet d'esdevenir crític el 1958 el reactor JEN-1 va obrir moltes possibilitats a la Secció d'Isòtops la qual va triar com a criteri subministrar les necessitats del país i evitar així les importacions:

*"debía darse prioridad a toda utilización del reactor que entrañara la prestación de un servicio; esto, dentro de la esfera química de actuación significaba dedicar el máximo esfuerzo a la producción de isótopos radiactivos"*¹⁷.

Fou aleshores quan es va començar, l'any següent, la producció d'isòtops com el Fòsfor 32, Sofre 35 aplicables a la medicina, la calibració i la gamma-grafia. A finals de 1959 la JEN havia autoritzat 63 instal·lacions de les quals sols tres eren per aplicacions industrials i estaven ubicades a Madrid cosa que fa sospitar que es tractava dels equips adquirits per l'Institut de Soldadura que hem esmentat abans¹⁸.

4.- Els primers cursos d'isòtops aplicats a la indústria impartits per la JEN.

Tot i que no hi ha constància que a la indústria catalana hi hagués aleshores alguna aplicació d'isòtops, l'interès i les fabuloses expectatives que aquestes tècniques oferien van ser un al·licient perquè des de l'Escola Especial

¹⁶ GAMBOA LOYARTE; DEL VAL COB (1960), 17.

¹⁷ DOMÍNGUEZ RODRÍGUEZ, Germán; DEL VAL COB, Manuel (1963) "Utilización del reactor JEN-1 para la producción de isótopos radiactivos", *Energía Nuclear*, núm. 28, octubre-diciembre, 43-59.

¹⁸ GAMBOA, J. M.; RAMOS, E.; DEL VAL COB, M; MARTÍNEZ, J. M. (1964) "Legislación y reglamentación del uso de radioisótopos", *Energía Nuclear*, núm. 29, gener-març, 45-87.

d'Enginyers Industrials de Barcelona sortís la iniciativa que la JEN impartís cursos d'usuaris d'isòtops específics per a les aplicacions industrials. Les coses van anar de la manera següent.

Al gener de 1959, el director de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyers Industrials de Barcelona¹⁹, Damià Aragonés va escriure a José Miguel Gamboa Loyarte que era un dels tècnics de la Secció d'Isòtops de la JEN per convidar-lo a fer unes conferències i, sobretot, per fer-li saber que l'Escola tenia interès en enviar alguns enginyers als cursos de maneig d'isòtops que es feien a Madrid²⁰.

La resposta de Gamboa no es va fer esperar. El 5 de febrer li va enviar una extensa carta en la qual, d'una banda, acceptava de fer les conferències i, de l'altra, li explicava que els cursos que feien a Madrid sobre isòtops anaven adreçats específicament a la medicina²¹. No obstant, li feia saber que cara l'any següent (1960) preveïen d'organitzar-ne un sobre les aplicacions industrials dels isòtops.

Gamboa aprofitava la carta per explicar-li que la Secció d'Isòtops de la JEN havia estat creada feia poc temps, no menys de dos anys, i que en aquest període s'havien vist obligats a ocupar-se de l'ús d'isòtops especialment a la medicina àmbit on eren emprats majoritàriament, mentre que les aplicacions industrials eren molt escasses i gairebé es limitaven a les radiografies de les soldadures que realitzava l'Institut de la Soldadura.

El resultat d'aquestes gestions va concretar-se en la visita de Gamboa a Barcelona els dies 18, 19 i 20 de juny, però no pas per fer cap conferència sinó per presidir unes reunions de la Càtedra Ferran Tallada en les quals li van explicar els plans de construir un reactor específic per la recerca i la docència –el que després serà el reactor Argos– i les necessitats que tenien de disposar

¹⁹ L'Escola Especial d'Enginyers havia passat a denominar-se Escola Tècnica Superior en virtut de la nova llei d'ensenyaments tècnics de 1957.

²⁰ "Tiene esta Escuela planteado el problema de efectuar prácticas con Isótopos para aplicaciones industriales y sería nuestro deseo enviarle algunos ingenieros jóvenes que deseen orientarse en dicha especialidad, a cuyo fin le agradeceré me indique los trámites previos que deben realizarse, así como horarios, matrículas, etc., etc.". Carta d'Aragonés a Gamboa del 29 de gener de 1959. Caixes Ferran Tallada. Arxiu Escola Tècnica Superior d'Enginyers Industrials de Barcelona.

²¹ "Respecto a la Conferencia que Vd. me sugiere la acepto con mucho gusto. En principio el tema podría ser precisamente ese «Aplicaciones de los isótopos radiactivos en la Industria»". Carta de Gamboa a Aragonés del 5 de febrer de 1959. Caixes Ferran Tallada. Arxiu Escola Tècnica Superior d'Enginyers Industrials de Barcelona.

de tècnics preparats per al maneig d'isòtops²². En aquesta reunió li van presentar un pla consistent en realitzar uns cursos de formació per als professors durant el primer trimestre del curs vinent de manera que de gener a març poguessin realitzar-se les pràctiques previstes amb isòtops en els cursos que impartia la càtedra Ferran Tallada. Gamboa es va comprometre a transmetre aquestes inquietuds als seus superiors de la JEN.

Però els mesos anaven passant i les necessitats de la càtedra de disposar de persones preparades per a manejar isòtops no es resolien. Aleshores Aragonés, que veia que els cursos de formació de la JEN no s'iniciaven, va escriure al novembre de 1959 a Daniel Blanc, professor de la Universitat de Toulouse i col·laborador habitual de la càtedra Ferran Tallada per demanar-li si a la seva universitat feien cursos de maneig d'isòtops. Aquest científic francès li va respondre afirmativament, però li va aclarir que els cursos duraven uns set mesos i que no se'n feien d'intensius concentrats en poques setmanes²³. Blanc es va oferir per a fer-ne un a Barcelona combinat amb unes pràctiques a la Universitat de Toulouse.

Finalment, al febrer de 1960, la JEN va organitzar el seu I Curs d'Aplicacions d'Isòtops a Madrid i J. M. Gamboa va escriure a Aragonés uns mesos abans per fer-li saber que comptava amb la participació dels professors de Barcelona.

*"Esta Sección de Isótopos tiene puestas grandes esperanzas en el desarrollo de las aplicaciones industriales de los isótopos radiactivos en Barcelona y la región Catalana; el espíritu de colaboración que encontré en mi visita del año pasado por parte de diversos profesionales es una garantía de éxito y esta Sección está dispuesta a ayudarles en la medida de sus posibilidades"*²⁴.

²² El dia 18-VI-1959 van assistir a la reunió, Gamboa, Aragonés, Velasco, Ortega, De Buen, Tharrats, Cumella, Simón, Clua, Sandoval. El dia 19-VI-1959 hi assistiren, Gamboa, Aragonés, Soler Doppf, Velasco Tharrats, Capmany, Clua, Simón i Sandoval. *Actes núm. 22 i 23. Curs 1958-59. Caixes Ferran Tallada. Arxiu Escola Tècnica Superior d'Enginyers Industrials de Barcelona.*

²³ "Pour répondre à vos questions, je vous précise que nous organisons à Toulouse un enseignement régulier pour les utilisateurs de radioéléments, mais cet enseignement, dont vous trouverez ci-joint le programme, a une durée de plus de sept mois". Carta de Blanc a Aragonés de 19 de novembre de 1959. Caixes Ferran Tallada. Arxiu Escola Tècnica Superior d'Enginyers Industrials de Barcelona.

²⁴ Carta de Gamboa a Aragonés del 11 de desembre de 1959. Caixes Ferran Tallada. Arxiu Escola Tècnica Superior d'Enginyers Industrials de Barcelona.

En aquest primer curs només hi van haver dotze places i va tenir lloc del 24 de febrer al 12 de març de 1960. Entre els assistents al curs va ser-hi Ramon Simon que era professor de la càtedra Ferran Tallada. A l'arxiu particular de la seva família juntament amb el programa de tot el curs hi ha uns apunts, escrits del seu puny i lletra, d'algunes classes²⁵.

No van passar massa dies fins que la JEN organitzés el II Curs d'Aplicacions Industrials dels Isòtops, del 25 d'abril al 14 de maig del mateix any, al qual va assistir José Javier Clua, que estava desplaçat a Madrid com a enginyer encarregat de les obres del reactor Argos, Isidor Ramos i Maria Lluïsa Aragonés que també col·laboraven amb la càtedra. Tots tres van obtenir la condició d'usuaris. Un cop aconseguida, José Javier Clua, potser per indicació de Damià Aragonés, va començar a treballar, també, per aconseguir de realitzar a Barcelona un curs similar al de Madrid.

Malgrat les dificultats de disposar d'un laboratori adient, el següent curs d'isòtops va tenir lloc a l'Escola de Barcelona del 6 al 18 de març de 1961. Només van poder assistir-hi dotze alumnes. Però la sessió inaugural va ser impartida per una personalitat de molt prestigi, Donald A. Fayres, director de la Isotope School de Wantage (Anglaterra) el qual va fer una conferència sobre "*Usos y aplicaciones de los radioisótopos*". La relació entre Donald A. Fayres i Damià Aragonés havia començat al gener de 1960. Aleshores, el director de l'Escola va proposar al professor anglès col·laboració per establir un laboratori d'isòtops. Més tard aquesta relació es va concretar en una conferència i en l'oferiment de traduir la seva obra de *Radioisotope Laboratorie Techniques* al castellà. No obstant, com sembla que aquest text ja havia estat traduït en algun país de Sudamèrica, la col·laboració es va reduir a una conferència que es va anar posposant per diversos inconvenients fins el març de 1961.

Ramon Simon va ser el professor encarregat d'impartir la part teòrica d'aquest curs d'isòtops per a la que va utilitzar el text de J. M. A. Lenihan *La energía atómica y sus aplicaciones. Fundamentos físicos y visión sistemática de sus posibilidades prácticas*. El programa teòric va començar amb una part introductòria sobre física nuclear, per passar després a l'estudi de les radiacions, els seus efectes biològics i les diverses formes de mesura. Tot seguit va pas-

²⁵ Arxiu personal Simon Arias consultat gràcies a la gentilesa de la seva filla la Dra. Júlia Simon Arias.

sar a l'estudi de diverses aplicacions fisicoquímiques, primer, i industrials, després, entre les que destacava la gammagrafia, la mesura de gruixos, de cabals i de desgasts i finalitzava amb les aplicacions dels traçadors radioactius.

El primer curs d'isòtops de Barcelona va comptar amb representants d'empreses, ja que Damià Aragonés va fer una campanya molt extensa i va aconseguir que hi participessin algunes de força importants com Materials i Construccions, Fecsa, Macmor i Cross les quals van enviar un representant com a assistent en aquest curs.

Hi va haver un segon curs d'isòtops a Barcelona, però no va estar adreçat als professionals sinó als alumnes. El motiu el recull una acta de la càtedra Ferran Tallada:

*"Dado que el instrumental que se dispone actualmente no permite realizar prácticas de centelleo y análisis de espectros de radiación, se decide, para este año, enfocar el curso de isótopos principalmente para los alumnos de esta Escuela"*²⁶.

Molt probablement, les mancances del laboratori van ocasionar que als assistents no se'ls concedís la condició d'usuari, com era habitual en els cursos de la JEN a Madrid sinó que havien de superar després un examen. Per això es va optar per buscar una solució més fàcil: deixar-lo reduït als alumnes de l'Escola i que de pas servís per preparar la nova assignatura –Materials nuclears, isòtops i aplicacions industrials– que començaria a impartir el mateix Ramon Simon a partir del curs 1962-1963.

La iniciativa de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyers Industrials de Barcelona d'impartir els cursos d'aplicacions industrials dels isòtops va quedar frustrada i aquests van continuar impartint-se a les instal·lacions de la JEN a Madrid.

5.- Les primers activitats de la Secció d'Isòtops de la JEN.

Després dels dos primers anys allotjats a l'Institut Nacional d'Oncologia, la Secció d'Isòtops de la JEN, que depenia de la Divisió de Química, va tras-

²⁶ Acta núm. 27. 15 de novembre de 1961. Caixes Ferran Tallada. Arxiu Escola Tècnica Superior d'Enginyers Industrials de Barcelona.

lladar-se a l'edifici de Medicina, Protecció i Isòtops del Centre de Recerca d'Energia Nuclear de la Moncloa. En aquest indret va ocupar la meitat del soterrani, on es van instal·lar els laboratoris principals dedicats als emissors gamma i als emissors beta, i la meitat del segon pis que es va destinar als cursos de capacitació i a la posada a punt de les noves aplicacions. Els laboratoris del soterrani van ser equipats amb un sistema d'impulsió i expulsió d'aire de forma que es produís una depressió controlada i així es poguessin eliminar les partícules que haguessin passat a l'aire. També es van instal·lar filtres per a l'aire que sortia a l'exterior i uns tancs d'emmagatzematge d'aigües radioactives per retenir aquestes el temps necessari perquè reduïssin la seva activitat abans de ser llençades a les clavegueres.

La Secció d'Isòtops va organitzar-se en sis grups de treball: Distribució i control general, Síntesi, Investigació físico-química, Aplicacions industrials, Aplicacions en biologia animal i medicina, i finalment Aplicacions en biologia vegetal i agricultura.

El grup de distribució i control general es va ocupar de la distribució i normalització rutinària de les comandes de les solucions radioactives més usuals. En el moment que la JEN va començar a produir els isòtops Iode 131 i Fòsfor 32, i conseqüentment va encetar un procés d'independització del subministrador exterior, va caldre aleshores establir i normalitzar una manera de mesurar les dosis i, també, dur un control de la puresa dels preparats radioactius utilitzant tècniques de cromatografia i electroforesis. El grup de síntesi es va dedicar al subministrament de la major part dels compostos marcats que es fessin servir a la recerca i a la indústria com per exemple diòxid de carboni o carbonat bàric marcats amb Carboni 14. Les substàncies marcades tenien preus elevats i la seva importació suposava una considerable despesa en divises raó per la qual aquesta Secció es va plantejar la seva síntesi i va posar a punt mètodes de preparació, entre d'altres, de N-etilamina, N-propilamina, N-butilamina i N-isopropilamina marcades amb Carboni 14 i metiltiourea, difeniltiourea, sulfur bàric i trisulfur d'etil marcats amb Sofre 35. Va equipar-se també amb una instal·lació de buit destinada a la síntesi de productes marcats.

El grup d'aplicacions en biologia animal y medicina havia estat possiblement un dels més productius ja que havia sintetitzat molècules marcades amb Iode131 destinades a les necessitats mèdiques com l'oli oleic per a l'estudi del metabolisme dels greixos, la rosa de bengala per a l'estudi del funcionament del fetge, la seroalbúmina i altres per a determinar els tumors cerebrals, i el

diodrast per a l'estudi del funcionament del ronyó. Estava en projecte, a principi dels seixanta, la síntesi de gammaglobulines i vitamines marcades per a l'estudi de les anèmies.

Tant el grup d'aplicacions en biologia vegetal i agricultura com el grup d'investigació físico-química estaven encara en una fase preliminar. Així doncs mentre que en el primer s'estava estudiant la producció de midó i glucosa marcades amb Carboni 14 per biosíntesi de les fulles del tabac, s'havien fet algunes experiències d'absorció de Fòsfor 32 per les plantes i s'havia sintetitzat superfosfat marcat amb aquest isòtop, en el segon grup encara no s'havia iniciat cap recerca per bé que s'impulsava les que es feien en alguns centres acadèmics.

Hem deixat pel final el grup d'aplicacions industrials, el qual era valorat de manera molt positiva, més que per la seva activitat real, pels beneficis econòmics futurs que es preveien que reportaria:

*"Es el más importante desde el punto de vista de la realización inmediata i de beneficios a la economía nacional"*²⁷.

Però no era precisament el grup que havia fet més avenços llevat, com hem vist abans, de l'organització d'un curs de capacitació amb classes teòriques i pràctiques en dues edicions el 1960 a la JEN i amb una el 1961 a l'Escola Tècnica Superior d'Enginyers Industrials de Barcelona.

De fet, en l'àmbit industrial, tot i els esforços de la Secció d'Isòtops en la difusió a través de cursos, conferències i informes, es detectava una certa reticència entre els empresaris a aplicar aquestes noves tècniques. Aquesta actitud l'atribuïen des de la JEN al caràcter conservador d'aquest col·lectiu:

*"En el campo industrial se hace necesaria una actuación especial de aquellos Organismos para vencer lo que podemos llamar pereza o carácter conservador de las Empresas para modificar o mejorar los métodos de trabajo mediante la introducción de estas nuevas técnicas"*²⁸.

²⁷ GAMBOA; DEL VAL (1960), 10.

²⁸ PLATA BEDMAR, Antonio; DEL VAL COB, Manuel; GAMBOA LOYARTE, José Miguel (1962) *Aplicaciones de los isótopos radioactivos en la industria*, Madrid, Junta de Energía Nuclear, 73-SI/I 8. (1962) *Aplicaciones de los isótopos radioactivos en la industria*, Madrid, Junta de Energía Nuclear, 73-SI/I 8.

Per a dur tota aquesta feina, la Secció d'Isòtops va organitzar-se en dos serveis: un de tècnic i un altre d'administratiu comandats per un cap de secció. El servei tècnic estava format per tres doctors i un llicenciat en química, un doctor en farmàcia i un operari. El servei administratiu el formaven un llicenciat en dret i un auxiliar administratiu. En total només deu persones entre les que hi havia José Miguel Gamboa Loyarte, Manuel del Val Cob i l'advocat Manuel Martínez.

Des de la Secció es feia la distribució dels isòtops a tothom que els sol·licitava per correu, telèfon o per telegrama. Després els interessants formalitzaven la seva comanda per tèlex i la Secció ho confirmava per carta. La major part dels isòtops s'aconseguien dels centres subministradors que eren el Radiochemical Centre d'Amersham i el centre de Harwell a la Gran Bretanya, les empreses Phylips Duphar d'Holanda i Tracerlab dels Estats Units i, des de feia molt poc, la Divisió de Química de la JEN la qual, en els dos anys de funcionament del reactor JEN-1, havia pogut elaborar unes poques remeses de Fòsfor 32 i Sofre 35:

“que nos ha suministrado ya cinco remesas de P-32, tres de ellas experimentales, y una de S-35, que nos permite prescindir, por el momento, de la importación de estos isótopos”²⁹.

La Secció d'Isòtops als inicis dels anys seixanta disposava d'un estoc de Iode 131, Fòsfor 32 i Sofre 32 que eren els isòtops més demanats ja que la major part de les aplicacions eren mèdiques i les industrials eren encara escasses.

A part de la Secció d'Isòtops, també es va crear la Secció de Radioquímica depenent de la mateixa Direcció de Química la qual va ser l'encarregada d'estudiar els productes de la fissió procedents del reactor JEN-1 per tal de dur a terme la producció dels radioisòtops. A partir de 1959, la Secció de Radioquímica va iniciar la producció de Fòsfor 32, Sofre 35. Al 1960 la d'Or 198 coloidal, al 1961 la de Crom 51 i finalment el 1962 la de Iode 131³⁰.

A la Secció de Radioquímica hi treballaven 8 tècnics (Doctors o llicenciats en química) entre els hi havia Germán Domínguez i 12 auxiliars (auxiliars de laboratori, mecànics i mecanògrafa). Estava organitzada en sis seccions:

²⁹ GAMBOA; DEL VAL (1960), 13.

³⁰ DOMÍNGUEZ; DEL VAL (1963), 47.

Producció i desenvolupament, Productes de fissió, Compostos marcats, Anàlisi per activació, Metrologia i Construccions mecàniques³¹.

Entre els treballs científics de les Seccions abans esmentades cal destacar l'estudi per determinar el mecanisme de transposició del grup alquil en les N-Alquilanilinas utilitzant Carboni 14 com a traçador i l'extensió d'aquest treball per a veure si el mecanisme és anàleg per a les N-n-propilanilina³².

L'altre treball a considerar va ser la posada en marxa del mètode d'obtenció de Fòsfor 32 per destil·lació del sofre irradiat, que consistia a irradiar el sofre d'elevada puresa en un flux de neutrons ràpids. Després es destil·lava en condicions controlades de temperatura i en un corrent de nitrogen. El residu resultant era dissolt en àcid clorhídric de concentració adequada perquè la concentració de pirofosfat fos mínima o nul·la i s'envasava el producte en forma d'àcid fosfòric radioactiu en una solució dèbilment clorhídrica i lliure de portador. Aquest procediment va ser assajat a la JEN i es van aconseguir tan bons resultats que a partir de gener de 1961 es va començar a produir de manera rutinària amb destinació al consum de manera que degut a la senzillesa de l'operació fou possible confiar-la al personal auxiliar³³.

També, a principi dels seixanta, per primer cop es van utilitzar a Espanya isòtops radioactius per a localitzar filtracions de fugues d'aigua. Va ser precisament en el propi Centre Nacional d'Energia Nuclear "Juan Vigón" en el lloc on es trobava l'edifici de la Divisió de Química. En aquest indret i en els seus voltants hi havia molts punts per on brollava l'aigua a través del terra o queia en forma de goteres, cosa que donava lloc a humitats a les parets i el terra. Quan es va fer l'excavació dels fonaments no es va veure que hi hagués aigües subterrànies de manera que poguessin donar lloc a aquestes humitats com ja havia passat en altres edificis construïts anteriorment. Tanmateix es van impermeabilitzar les parets del soterrani. Al cap d'un any d'estar acabat l'edifici es

³¹ "Producción y consumo de isótopos radiactivos en España en 1964", *Energía Nuclear*, núm. 37, setembre-octubre de 1965, 377-389.

³² MOLERA, M. J.; GAMBOA, J. M.; DEL VAL COB, M. (1961) *Estudio de la transposición de N-Alquilanilinas a p-Aminoalquilbenceno mediante ¹⁴C*, Madrid, Junta de Energía Nuclear 76-SI/I 11. Aquest treball va ser publicat als *Anales de la Real Sociedad de Física y Química*, vol. LV (B) núm. 6, juny 1959, 493. MOLERA, M. J.; GAMBOA, J. M.; DEL VAL COB, M.; ORTÍN, N. (1961) *Estudio de la transposición de N-Alquilanilinas a p-Aminoalquilbenceno mediante ¹⁴C*. III N-n-Propilanilina, Madrid, Junta de Energía Nuclear, 76-SI/I 11.

³³ DE LA CRUZ, Felipe; SUÁREZ, Cristina; DOMÍNGUEZ, Germán. (1962) "El Centro Nacional de Energía Nuclear 'Juan Vigón': Preparación de fósforo-32 por destilación de azufre irradiado", *Energía Nuclear*, núm. 22, abril-juny, 4-15.

van començar a notar humitats precisament en el soterrani les quals van anar augmentant en nombre i cabal fent-se necessari un estudi per trobar les causes. Les proves es van fer el 26 de novembre de 1960 i es va utilitzar Brom 82. A més, per estudiar el desplaçament de la radioactivitat es van instal·lar diversos monitors de contaminació i comptadors Geiger-Müller. Aleshores es va començar a detectar activitat radioactiva a les arquetes i a les zones on hi havia filtracions, precisament a sobre del desguàs de la Divisió de Física. També es va detectar radioactivitat en una fossa on hi havia un compressor.

Aquestes localitzacions van confirmar la hipòtesi de dues fugues: una de menor que era la causant de l'aigua que corria al llarg del mur i penetrava en el compressor, la qual era tan petita que feia poc probable pensar que fos la causa principal, i una altra fuga de magnitud considerable que era la causant de la major part de les humitats que apareixien als edificis de la Divisió de Química³⁴.

Així doncs fins a 1962 la distribució dels usuaris d'isòtops es repartia segons indica la taula 1 cosa que posa de manifest que després de les aplicacions mèdiques, les industrials eren les que havien sofert un increment major.

Taula 1: Nombre d'usuaris d'isòtops entre 1957 i 1962

Camp d'aplicació	Anys					
	1957	1958	1959	1960	1961	1962
Recerca físico-química	5	5	6	9	12	16
Indústria	-	2	3	7	14	43
Biologia vegetal i agricultura	-	1	2	2	2	2
Biologia animal i medicina	16	31	33	43	61	73
Total usuaris	21	39	44	67	89	134

En conseqüència la valoració que des de la mateixa JEN es feia anava en aquest sentit era la següent:

“la situación española es satisfactoria en el campo médico y prometedora en el campo industrial, donde actualmente se está impulsando el desarrollo de las aplicaciones”

³⁴ GAMBOA LOYARTE, J. M.; DEL VAL COB, M.; PLATA BEDMAR, A.; NOREÑA DE LA CÁMARA, S. (1961) “Utilización de isótopos radiactivos en problemas de construcción”, *Energía Nuclear*, núm. 17, gener-març, 57-63.

[...]

“Hasta el momento presente se ha dedicado gran atención a las aplicaciones industriales. Como decíamos en otro lugar, el curso de capacitación, establecido en 1958, ha contribuido de una forma especial a la difusión de estas técnicas. El número de interesados crece y, paralelamente, se van incrementando el número de prácticas, adaptando las aplicaciones más recientes y útiles. [...] y puede preverse que los esfuerzos de colaboración y difusión se centraran con mayor intensidad en la gammagrafía, medida de espesores, de densidad y humedad y de niveles de líquidos, así como en el dominio tan amplio de trazadores. En este campo interesa introducir estas técnicas en el estudio de procesos industriales, en hidrología superficial y subterránea y en todo tipo de investigación tecnológica”³⁵.

Aquestes valoracions continuaven sent de bones intencions, de dissenys de millora i difusió però de poques aplicacions reals degut possiblement a les reticències dels empresaris davant la novetat. No deixa de ser, però, sorprenent que la major part d'activitats de promoció estiguessin centrades a Madrid i no en els dos indrets on estava concentrada la producció industrial: Catalunya i el País Basc. Des de Barcelona, ja es va intentar trencar aquesta dinàmica amb la impartició d'aquell primer curs d'isòtops el 1961, però aquesta experiència no va poder continuar possiblement per la por de la JEN a perdre el control directe. No obstant això, des de Barcelona es va continuar treballant per aconseguir que el cursat d'isòtops tornés de nou a la ciutat comtal.

6.- Les I Jornades d'Isòtops i la restauració del curs d'isòtops a Barcelona.

Un dels factors que va contribuir a recuperar la idea de fer un cursat d'isòtops va ser la participació de l'Escola en l'organització de les I Jornades d'Isòtops. La iniciativa, però, va partir del Fòrum Atòmic Espanyol el qual tenia en el seu si un grup de treball sobre les aplicacions industrials dels isòtops. Aquest grup va acordar, l'octubre de 1963, d'organitzar un cicle de conferències i una exposició itinerant d'aparells que anés recorrent les principals ciutats espanyoles³⁶. La decisió inicial va ser de començar per Barcelona

³⁵ DOMÍNGUEZ; DEL VAL (1963), 49.

³⁶ Carta d'Oriol a Aragonés. 30 d'octubre de 1963. Caixes Ferran Tallada. Arxiu Escola Tècnica Superior d'Enginyers Industrials de Barcelona.

probablement perquè era l'indret de l'estat espanyol on la indústria podia tenir interès per aplicar aquestes tècniques i on es creia que aquests actes tindrien major acceptació.

El Fòrum Atòmic era un organisme que havia nascut el 1962 per desig de les empreses elèctriques i amb l'esforç de dos directius d'aquestes: Manuel Gutiérrez Cortines i José M de Oriol. Sembla que el primer va viatjar el 1959 als Estats Units i va poder assistir a una assemblea de l'Atomic Industrial Forum i allí se li va ocórrer la idea de crear a Espanya un organisme semblant al que havia en els Estats Units³⁷. No obstant, l'acta constitutiva d'aquest organisme, que porta data 1 de març de 1962, explica que fou el FORATOM, entitat que aplegava els fòrums europeus, qui va encarregar al Fòrum Italià (FIEN) que contactés amb els espanyols i promogués la creació d'un Fòrum. El contacte va ser Gutiérrez Cortines el qual va proposar la creació d'aquest organisme a José M. de Oriol i Urquijo, marquès de Casa Oriol, que aleshores presidia UNESA amb la intenció que es convertís en una entitat dins d'aquesta agrupació d'empreses elèctriques³⁸. Oriol, no era aliè a aquesta idea ja que havia assistit al desembre de 1961 a una reunió del FORATUM on se li va demanar que participés en un congrés que s'estava preparant a París. Allí, també, va pensar que a Espanya li calia un organisme semblant per poder participar en igualtat de condicions que els altres països en les activitats del Fòrum Atòmic Europeu. La bona posició d'Oriol dins del govern franquista va permetre que s'entrevistés amb representants del Ministeri d'Indústria, de l'INI i de la Direcció General de l'Energia i que aviat es constituís el Fòrum Espanyol. En els objectius inicials es destacaven les raons que havien dut a la seva constitució:

"España no podía quedar al margen de esta tendencia universal, máxime cuando nos estamos preparando para abrirnos camino hacia el Mercado Común. El único medio de conseguir este intercambio de ideas e información en el terreno nuclear es el Forum Atómico Español pues forzosamente a través de éste tenemos que relacionarnos con los demás Forums europeos y el Foratom. Este fue el motivo que dio lugar al nacimiento de la Comisión

³⁷ CARO, Rafael et al. (1995) *Historia Nuclear de España*, Madrid, Sociedad Nuclear Española, 398.

³⁸ *Acta de la Reunión constitutiva organizadora del Forum Atómico Español*. Forum Caixes Ferran Tallada. Arxiu Escola Tècnica Superior d'Enginyers Industrials de Barcelona.

*Organizadora, la cual desde el primer momento recibió toda clase de estímulos y colaboraciones*³⁹.

El primer president fou José M. de Oriol i les vice-presidències les van ocupar Manuel Gutiérrez Cortines, Jaime Mac Veigh Alfox i José María Gaztelu Jácome. En els seus inicis va comptar amb una seixantena de socis entre els que hi havia les principals empreses elèctriques.

La proposta de participar en l'organització de les Jornades d'Isòtops, que cal comptar entre les primeres activitat del Fòrum, va trobar-se amb una primera dificultat que va consistir en el canvi de director a l'Escola Tècnica Superior d'Enginyers Industrials de Barcelona. Damià Aragonés havia estat substituït per José M. de Orbaneja. Aquest fet va ocasionar un endarreriment o una pèrdua de correspondència. Sols la tercera de les cartes enviades va arribar-li al nou director⁴⁰.

Orbaneja va posar en contacte José M. de Melis, secretari general del Fòrum Atòmic, amb José Javier Clua, aleshores professor de l'Escola, perquè acordessin les millors dates per a organitzar-les. Finalment escolliren la primera quinzena del mes de febrer de 1964. Des del Fòrum tenien la intenció que s'assemblassin a les que s'organitzaven a París per l'ATEN (Association Technique pour la production et utilisation de l'Energie Nucleaire, entitat que aplegava a unes setze societats privades) i pretenien aconseguir una repercussió social:

*"No sólo en la industria barcelonesa sino en Cataluña y trascienda incluso en el resto de España"*⁴¹.

L'esbós de programa es va anar concretant i al desembre de 1963 ja el tenien elaborat i a més s'havia constituït el comitè organitzador que va estar compost per Germán Domínguez Rodríguez, de la Secció d'Isòtops de la JEN, José Ramón Galvan Cabrerizo, de l'INI, Manuel Golmayo de l'empresa

³⁹ *Objetivo y medios de actuación del FAE*. Caixes Ferran Tallada. Arxiu Escola Tècnica Superior d'Enginyers Industrials de Barcelona.

⁴⁰ Cartes de De Melis a Orbaneja, Madrid, 30 de novembre de 1963. De Oriol a Aragonés, Madrid 30 de octubre de 1963. De De Melis a Aragonés, Madrid, 15 de novembre de 1963. Caixes Ferran Tallada. Arxiu Escola Tècnica Superior d'Enginyers Industrials de Barcelona.

⁴¹ De Melis a Orbaneja. Madrid, 26 de novembre de 1963. Caixes Ferran Tallada. Arxiu Escola Tècnica Superior d'Enginyers Industrials de Barcelona.

AUXINI, i José Javier Clua, de l'Escola de Barcelona. En aquest mateix mes es van desplaçar a Barcelona, Gaztelu i De Melis, per establir contactes amb la Cambra Oficial d'Indústria, el Col·legi de Metges, la Facultat de Medicina, la Diputació Provincial i l'Ajuntament. El resultat va ser que van aconseguir un ajut financer de l'ordre de 350.000 pta. Després d'aquesta visita es van incorporar al comitè organitzador, Gaztelu en qualitat de president, José M. de Orbaneja en qualitat de vice-president i Sola i el Dr. Antoni Subias en qualitat de vocals, en representació de la Cambra d'Indústria i de l'Hospital de Sant Pau, respectivament. Finalment es va incorporar com a vice-president Fernández Cellini en representació de la JEN.

Una part important de les despeses va ser destinada a l'exposició, del disseny de la qual se n'ocupà l'arquitecte Robert Terradas i que fou finançada gràcies als ajuts de les entitats barcelonines. Aquí van jugar un paper destacat els contactes d'Orbaneja a la Diputació i a l'Ajuntament, que eren respectivament Patricio Palomar i Miquel Cabré.

Finalment, les Jornades van tenir lloc dels dies 9 al 15 de març i van consistir en un seguit de conferències impartides majoritàriament per professors de la JEN o dels ministeris. Només hi hagué un conferenciant de Barcelona que era el doctor Antonio Subias. La taula 2 recull el detall d'aquestes sessions.

Taula 2 : Conferències de les I Jornades d'Isòtops.

Dia	Nom	Títol
9-III-64	Emilio Iranzo (JEN)	Seguridad en el uso de radioisótopos.
9-III-64	Felipe de la Cruz (JEN)	Repercusión de la utilización de los radioelementos en el Diagnóstico.
10-III-64	Severino Pérez Modrego (Fac. Medicina de Madrid)	Nuevas aplicaciones de los radioisótopos en la Diagnóstica.
10-III-64	Antoni Subías (Hospital de St. Pau i de la Sta Creu)	Aplicaciones de los radioisótopos en la Medicina. Telegammaterapia.
11-III-64	Nicasio Ortiz (JEN)	Aplicaciones de los radioisótopos en la Agricultura.
11-III-64	Cesar Gómez Campo	Empleo de las radiaciones ionizantes en la Agricultura. Efectos genéticos. Lucha contra plagas.
12-III-64	Gaspar de Vicente (Esc.Tec. Sup. Ing. Ind. Madrid)	Conservación de alimentos por irradiación.
12-III-64	Vicente Roglá (MOP)	Aplicaciones de los radioisótopos en las Obras Públicas
13-III-64	Antonio Plata (JEN)	Algunas de las aplicaciones de los radioisótopos en la metrología y el control industrial.
13-III-64	Manuel del Val Cob (JEN)	Utilización industrial de los radioisótopos como trazadores del movimiento de fluidos y control de procesos de producción.

L'exposició va constar de diversos aparells de gammagrafia, mesures de nivells i espessors i d'altres aplicacions a la indústria i en ella també es van projectar algunes pel·lícules.

Arran de l'organització de les Jornades es va reactivar la idea de fer a Barcelona un curs d'aplicacions dels isòtops a la indústria. Tanmateix, va caldre esperar dos anys, fins el gener de 1966, i acceptar que l'organització no la fes la càtedra Ferran Tallada sinó que fou la Junta d'Energia Nuclear qui va acordar, amb el consentiment de l'Escola d'enginyers i l'ajut econòmic de la Cambra Oficial d'Indústria, d'impartir en aquesta ciutat el curs que des de feia anys era desenvolupat, un o dos cops l'any, a les seves instal·lacions de Madrid. És per això que es va anunciar com el XIII curs d'aplicacions dels radioisòtops a la indústria. El programa anunciador d'aquest curs ens posa al corrent de quines eren les intencions futures respecte aquests tipus de cursos:

*"El Centro que para la promoción en formación y uso de los isótopos se encuentra en fase de creación en Barcelona, por los Organismos que colaboran en este Curso, continuará ofreciéndolos en los años sucesivos con el ánimo de despertar la inquietud sobre las aplicaciones de los radioisótopos en la región catalana e incrementar el número de usuarios"*⁴².

Això vol dir que la JEN impartia el primer curs i animava a l'Escola a que ho continués en els anys posteriors sempre que les instal·lacions estiguessin en condicions. L'objectiu del curs era que els assistents poguessin obtenir una certificació que els servis per aconseguir els títols de usuaris. Per això, se'ls exigia que, un cop acabat el curs, lliuressin una memòria amb els resultats de cada una de les pràctiques realitzades, passessin un examen de capacitat i fessin una pràctica per duplicat.

7.- La unitat de irradiació Nàiaide.

Al 1964, ja hi havia a l'Estat espanyol tres reactors de recerca, el JEN-1, l'Argos i l'ARBI. Tanmateix, degut a l'interès que generaven els isòtops es feia necessari de disposar d'una unitat d'irradiació per dur a terme irradiacions amb partícules gamma. Conseqüentment, la Junta d'Energia Nuclear va acordar de construir-ne una d'específica i experimental, independent dels

⁴² XIII Curso de Aplicaciones de los Radioisótopos en la Industria. Barcelona 24 de gener al 19 de febrer de 1966.

reactors. Per la qual cosa, en primer lloc va fer un avantprojecte per tal d'adequar el recinte on pensava instal·lar-la i, posteriorment, va dur a terme la reforma. Quan aquesta estava enllestida, el 15 de desembre de 1964, va arribar la primera càrrega de Cobalt 60 amb 4.320 Curies d'activitat procedent del Commissariat de l'Energie Atomique. Aquesta unitat d'irradiació va rebre el nom de Nàiaide. Igual com havia passat amb el reactor Argos, la JEN va triar un nom procedent de la mitologia grega. Nàiaide és qualsevol de les nimfes que habitaven les fonts, rius i llacs.

La unitat d'irradiació Nàiaide tenia l'estructura d'un pou ple d'aigua al fons del qual hi havia les fonts radioactives l'activitat de les quals a partir de 1966 va pujar fins a 7.700 Curies de Cobalt 60. L'aigua, a més de permetre una manipulació fàcil, servia de blindatge de protecció. La unitat va ser situada al soterrani de l'edifici de la Direcció de Química e Isòtops de la JEN on hi havia la Secció d'Isòtops. El recinte tenia unes dimensions 437 m i una altura de 2,6 m, al terra del qual va excavar-se el pou que era el component principal de la unitat irradiació.

El pou tenia una secció quadrada de 1,2 m de costat i 4,2 m de profunditat, les parets del qual estaven construïdes amb una capa interna de maons, un llit impermeabilitzant de tipus asfàltic i un recobriment exterior de formigó armat de 20 cm de gruix que assegurava la seva estanqueïtat. En nombrosos punts de les parets i del fons hi havia encastats uns elements de fixació d'acer inoxidable per a subjectar els diferents muntatges. El brocal del pou, on hi havia una barana metàl·lica desmuntable que servia de protecció personal, tenia una alçada de 30 cm per a facilitar la introducció dels recipients de plom que es feien servir per al transport de les fonts radioactives.

L'aigua, que omplia els quatre metres de pou i actuava de blindatge contra les radiacions, era reciclada contínuament a través d'un purificador format per un cautxú filtrant i unes columnes amb resines de canvi iònic i finalment un altre cautxú filtrant de cel·lulosa similar al primer.

L'element essencial de la unitat d'irradiació era la font radioactiva de Cobalt 60 d'una longitud de 10 cm encapsulada en una doble funda d'acer inoxidable per evitar la contaminació de l'aigua. Generalment es col·locaven en un suport de forma circular que rodeja un portamostres cilíndric on se situa el material a irradiar. Al final d'aquell primer any de funcionament ja va presentar uns resultats molt positius;

“Des de la puesta en funcionamiento de la unidad de irradiación se han irradiado materiales, principalmente para estudios sobre irradiación de

alimentos, física del estado sólido, inactividad enzimática, efectos en ácidos nucleicos, cambios de permeabilidad celular, combinaciones madera-plástico, ensayos de pinturas, química de las radiaciones, etc.

*Las irradiaciones se han efectuado para las Divisiones de Química, Medicina y Protección, Metalurgia, y Materiales de la JEN; Instituto de Química Física "Rocasolano", del CSIC; Instituto de Química "Alonso Barba", del CSIC; Servicio de Plagas Forestales y Aplicaciones Nucleares, S.A. de Barcelona"*⁴³.

Ben aviat, doncs, la unitat Nàide va començar a donar fruits no solament per als treballs de recerca de la JEN sinó també per altres laboratoris del CSIC i, a través de les pàgines de la revista *Energía Nuclear* oferia el seu servei no solament a l'administració sinó també als particulars que ho demanessin⁴⁴.

8.- Fomentar les necessitats.

Si a principi dels anys seixanta les aplicacions dels isòtops eren escasses i pertanyien gairebé al món dels dissenys més que no pas al de les realitats, a partir de 1963 aquest panorama va variar i el nombre d'aplicacions es veié incrementat considerablement. La unitat Nàide, abans descrita, va contribuir a millorar les perspectives respecte a l'ús dels isòtops radioactius. Però, en el camp on es va detectar un major increment va ser en les aplicacions industrials.

La gammagrafia, que havia estat la primera de les aplicacions, i que al 1957 només era posada en marxa per un sol centre, l'Institut de la Soldadura, amb una sola font i amb un reduït equip de 5 persones, s'aplicava al 1967 en 45 instal·lacions (35 de gammagrafia industrial de les quals hi havia 33 d'Iridi 192 i 2 de Cobalt 60). A més a partir de l'agost de 1962, la JEN va encetar la preparació de les primeres fonts d'Iridi-192 que va començar a subministrar el 1963 amb mostres d'activitat molt baixa en un principi però que poc a poc va anar incrementant fins els 20 a 25 Curies⁴⁵.

⁴³ FORNAS, E.; DEL VAL COB, M.; DE LA CRUZ, F. (1966) "La unidad de irradiación 'Nayade' de cobalto-60", *Energía Nuclear*, núm. 43, setembre-octubre, 376-388.

⁴⁴ "Servicios de irradiación de la fuente de Cobalto 60 'NAYADE'". Notícies. *Energía Nuclear*, núm. 45, gener-febrer de 1967, 88.

⁴⁵ RUIZ RUBIO (1967), 309-318.

Una altra aplicació que va experimentar un desenvolupament considerable durant la dècada dels anys seixanta va ser l'ús dels isòtops radioactius en els instruments de control industrial. Aquest aparells solen ser sondes de mesura que utilitzen petites fons radioactives encapsulades de l'ordre dels milicuries. Es componen, doncs, d'una font, d'un detector de radiació i d'un equip electrònic que transforma el senyal de la sortida del detector en un senyal digital o analògic. Amb aquest equip es pot mesurar diferents propietats físiques com els gruixos dels materials homogenis, els gruixos dels recobriments, les densitats, les humitats, els nivells i la posició dels líquids. A més, poden ser utilitzats per determinar propietats químiques com la composició d'un determinat producte. En tot aquest casos el fonament és el mateix, l'emissor emet una radiació que en travessar el material pateix una alteració la qual, tant si es per l'atenuació com per la dispersió del feix, és posteriorment detectada i mesurada. En el detector, les variacions de flux es transformen en variacions de senyal elèctric que es manifesta mitjançant registres, escales, integradors o mitjançant servomecanismes.

L'any 1961, Espanya estava a la cua dels 23 països pioners pel que feia a l'ús d'equips nucleònics de control. Les raons podien ser degudes a que l'estructura industrial era deficient o també, a que les tècniques radioisotòpiques no estaven prou difoses. Però a finals de la dècada la situació havia canviat considerablement ja que, si al 1963 la JEN havia autoritzat 18 instal·lacions d'aquest tipus, al 1967 el nombre s'havia triplicat. Això posava de manifest l'alt grau de desenvolupament i d'implantació d'aquestes tècniques en el món industrial. La taula 3 presenta la distribució de les instal·lacions de control industrial segons el tipus d'indústria on eren aplicades i segons el tipus d'aplicació a la qual estaven destinades.

Com la taula 3 indica, la major part de les aplicacions pertanyien a la indústria química; tanmateix es trobava a faltar equips d'isòtops a les indústries alimentàries, tèxtils, ciment i maquinària. Uns altres sectors on havia hagut un increment, encara que baix, havia estat a les indústries del cautxú, del paper, del petroli i dels metalls bàsics. El benefici aconseguit d'emprar aquests instruments en els sis primers mesos de 1967 havia estat estimat en 98 milions de pta, quantitat que mostrava la importància de donar difusió a aquestes tècniques⁴⁶.

⁴⁶ DE VAL COB, Manuel (1967) "Los radioisótopos en el control industrial", *Energía Nuclear*, núm. 48, juliol-agost, 319-339.

Taula 3: La distribució dels equips nucleònics segons el tipus d'indústria.

Las dades de 1967 són fins a l'1 de juny de 1967.

E = gruixos, D= densitat, N = nivell, V= diversos (p. ex. anàlisis).

Indústria	1963						1967					
	Instal·lacions autoritzades	Núm. Equips				Total	Instal·lacions autoritzades	Núm. Equips				Total
		E	D	N	V			E	D	N	V	
Alimentària												
Tabac	1		2			2	1		2			2
Tèxtil												
Fusta i paper	2	4				4	10	12				12
Cuir i pell												
Cautxú	1	6				6	2	7				7
Químiques i Plàstics	5	12		2		14	17	21	6	13		40
Ciment												
Petroli i carbó							2			4	1	5
Metalls bàsics	7	12				12	13	14		4		18
Maquinària												
Construcció	1		2			2	6		14			14
Diversos	1				1	1	4			2	1	3
TOTAL	18	34	4	2	1	41	55	54	22	23	2	101

La JEN, que era conscient que havia fet un esforç important per difondre aquestes tècniques tant per premsa, radio o televisió i que havia organitzat exposicions, jornades i cursos d'ensinistrament, valorava com a molt positiu l'increment experimentat entre 1963 i 1967. Però, considerava que no havia estat tot l'important que calia esperar⁴⁷.

La taula 4 recull una breu relació d'algunes empreses del País Basc, Catalunya i Madrid que en aquest període havien aplicat els isòtops radioactius al control industrial. A partir d'aquests anys la tendència en el futur proper va ser la de perfeccionar els instruments perquè mesuressin dues o més propietats al mateix temps.

⁴⁷ Fins 1967 s'havien impartit 21 cursos realitzats per 308 persones. Aquesta era la feina més important de la JEN. També va contribuir les Jornades d'Aplicacions dels Radioisòtops de Barcelona (1964), Sevilla (1965) i València (1966). DE VAL (1967), 319-339.

Taula 4: Algunes empreses que utilitzaven isòtops en el control industrial

Empreses	Tipus d'instrument
COMPAÑIA ESPAÑOLA DE PLÁSTICOS S.A. (Ariz-Basauri, Biscaia)	Mesura de gruixos de materials plàstics
ICOA. S.A. (Urbi-Basauri, Biscaia)	Mesura de gruixos de folis d'espuma
ICOA. S.A. (Urbi-Basauri, Biscaia)	Mesura de densitats de blocs d'espuma flexible de poliuretà
GLUCOSA Y DERIVADOS S.A. (Martorell, Barcelona)	Mesura de densitat de líquids
NUCLEAR IBÈRICA (Madrid)	Mesura de densitats i humitats de sols
COROMINA INDUSTRIAL S.A. (Barcelona)	Mesura del nivell de gel sec en una premsa de producció de neu carbònica
MANHUSA (Barcelona)	Mesura de gruixos en recobriments plàstics
J. BONCOMPTEI LA FORESTAL D'URGELL S.A. (Mollerusa, Lleida)	Mesura simultània de gruixos i humitats en el paper couché

Una de les aplicacions dels isòtops a la indústria on la JEN va intervenir de manera més directa va ser en la construcció. En aquest sector la Secció d'Isòtops va contribuir a millorar tant les tècniques de mesura de densitat de les terres com les de localització i mesura de les armadures de ferro del formigó amb la finalitat de donar solució a uns problemes presentats per algunes empreses de construcció. Com a resultat d'això la JEN va patentar un aparell en forma d'U, un altre en forma de creu i un de retrodispersió i els van aplicar a la mesura de les densitats del terra:

"El primero [el de forma d'U] se ha utilizado además en el control de la compactación de tierras durante la construcción del edificio para la celda caliente de 1000 MeV en el Centro Nacional de Energía Nuclear 'Juan Vigón'"⁴⁸.

En els laboratoris de la JEN es van fer mesures experimentals de densitat de sols i aquests aparells van ser utilitzats després per a controlar la compactació del sòl en la construcció de l'edifici de Experiencias Críticas del Centro Nacional de Energía Nuclear "Juan Vigón". Posteriorment tant els aparells en forma de creu com els de retrodispersió es van fer servir regularment en els cursos d'Aplicacions dels Radioisòtops a la Indústria.

⁴⁸ DEL VAL COB, Manuel; PLATA BEDMAR, Antonio (1966) "Utilización de isótopos radiactivos en problemas de construcción. II.- Medida de la densidad de tierras y localización y medida de armaduras de hierro en hormigón", *Energía Nuclear*, núm. 40, març-abril, 115-124.

Els treballs de localització i mesura de gruix de les armadures de ferro del formigó, que presentaven un interès especial quan s'havia de reconstruir un edifici o aixecar una nova planta, van ser també objecte d'estudi per la Secció d'Isòtops de la JEN a petició dels fabricants de bigues i pilars. Conseqüentment, es van realitzar diversos assaigs:

"Para realizar las experiencias se prepararon bloques de hormigón de 10x40x46 cm; 20x46x46 cm con armaduras de hierro. En los casos de bloques con armaduras se eligieron para éstas diámetros de 4; 6,5; 8; 10; 12; 18; 22 y 35 mm, con objeto de poder estudiar la sensibilidad de los métodos"⁴⁹.

Les proves es van dur a terme tant per gammagrafia com per mètodes de control industrial i el resultat obtingut va demostrar que per a gruixos de blocs de formigó de 20 cm era possible localitzar i mesurar el gruix de l'armadura de ferro de diàmetre menor de 4 mm.

Al llarg d'aquest període la Divisió de Química i Isòtops de la JEN va dur a terme el projecte d'una planta automàtica de producció de Nitrogen 15 amb la qual va obtenir una línia de compostos marcats amb aquest isòtop com clorur amònic, nitrat amònic, sulfat amònic i d'altres d'orgànics⁵⁰. També va aconseguir Crom 51 d'alta activitat amb una exploració sistemàtica de les posicions d'irradiació del reactor JEN-1 a partir de cromat potàsic prèviament irradiat a la columna tèrmica. Això tenia importància ja que el Crom 51 que es feia servir en traçadors, havia de ser d'aquest nivell d'activitat per no produir intoxicació als organismes vius⁵¹. A més, també es van preparar solucions patró de Ioni (Tori 230)⁵². A tot això calia afegir les produccions de Carboni 14, Sofre 35 i Iridi 192 i les que s'estava a punt de produir de Manganès 54, de Ferro 50 i de Iode 131⁵³. Tot plegat va donar lloc a una producció

⁴⁹ DEL VAL; PLATA (1966), 120.

⁵⁰ "Producció a la JEN de compostos marcats amb N-15". Notícies. *Energía Nuclear*, núm. 47, maig-juny de 1967, 246.

⁵¹ "Novedades en la producción de isótopos radiactivos en la JEN". Noticiero. *Energía Nuclear*, núm. 41, maig-juny de 1966, 265.

⁵² "Preparación de soluciones patrón de ionio en la JEN". Noticiero. *Energía Nuclear*, núm. 42, juliol-agost de 1966, 363.

⁵³ DOMÍNGUEZ, Germán; DEL VAL COB, Manuel (1967) "Consumo y aplicaciones de los radioisótopos en España en 1965 y 1966. Papel de la Junta de Energía Nuclear", *Energía Nuclear*, núm. 48, juliol-agost, 389-401.

superior a la demanda d'isòtops de la societat espanyola. No obstant, aquest excedent va poder reconduir-se cap l'exportació amb l'ajut del Commissariat de l'Energie Atomique:

*"Esta superproducción y la calidad incuestionable de los productos JEN han estimulado la búsqueda de un mercado exterior, labor que si, en un principio es difícil por la existencia de competidores muy poderosos y sólidamente arraigados, parece abrirse con buenos auspicios"*⁵⁴.

Així doncs, els compostos marcats amb Nitrogen 15 a banda de fer-los servir a les instal·lacions de la JEN per a la recerca, una part es destinava a l'exportació als EUA, al Canadà i a França, països que eren els principals consumidors⁵⁵. No ha de sorprendre, doncs, que en l'acte de clausura del I Simposi sobre aplicacions dels radioisòtops que va tenir lloc a la JEN el 1967, el ministre d'Indústria Gregorio López Bravo, recollint en sentir de tots els assistents, recordés que calia incrementar el nombre d'usuaris i promoure les necessitats d'ús dels isòtops principalment a la indústria a la que calia ajudar mitjançant campanyes d'informació⁵⁶. En aquell moment s'havia passat definitivament de la fase dels somnis a una nova fase en què calia promoure les necessitat dels isòtops radioactius per tal de donar cabuda a la superproducció.

9.- La indústria alimentària i els traçadors.

El I Simposi també va servir per establir les línies de recerca en el camp dels traçadors tant pel que feia a les seves aplicacions a la hidrologia com a l'agricultura on aquests isòtops adquirien una importància en aspectes tan rellevants com els adobs químics, la lluita contra les plagues, la localització i marcatge d'insectes i la conservació per irradiació dels aliments⁵⁷. La tècnica dels traçadors es basa en què l'isòtop no actua com a una font d'irradiació sinó que es barreja amb el conjunt de manera que permet que es detecti la radioactivitat en una fase posterior o en una altre lloc del procés.

⁵⁴ "Producción y consumo de isótopos radiactivos en España en 1964", *Energía Nuclear*, núm. 37, setembre-octubre de 1965, 377-389.

⁵⁵ Noticiero. *Energía Nuclear*, núm. 52, març-abril de 1968, 117-133.

⁵⁶ "I Simposio sobre aplicaciones de los radioisotopos. Acto de clausura" *Energía Nuclear*, núm. 48, juliol-agost de 1967, 267-269

⁵⁷ FERNÁNDEZ CELLINI, Ricardo (1967) "I Simposio sobre aplicaciones de los radioisotopos", *Energía Nuclear*, núm. 48, juliol-agost, 261-266.

En la hidrologia l'ús de traçadors estava ja una mica més avançat sobre tot a partir de 1964 en què es va establir un conveni de col·laboració entre la JEN i la Organització Internacional de l'Energia Atòmica (OIEA) per a mesurar el cabal dels rius. Els treballs s'havien iniciat amb la signatura d'un contracte de recerca per a desenvolupar mètodes de mesura i elaborar els aparells necessaris de tal manera que:

*"Terminado este desarrollo en el mes de noviembre pasado se ha determinado el caudal del río Tajo en el término de Fuentidueña del Tajo-Estremera (Madrid) empleando el isótopo bromo-32 como trazador. Los experimentos se realizaron con la colaboración del Gabinete de Aplicaciones Nucleares a las Obras Públicas"*⁵⁸.

També s'havien aplicat les tècniques radioisotòpiques a la detecció de fugues de preses d'un pantà utilitzat en la producció elèctrica i s'estava desenvolupant mètodes per detectar de manera ràpida i rutinària les fugues de conducció urbana d'aigua i gas i per això s'estava construint un laboratori per obtenir dades experimentals. La JEN s'havia integrat com a membre de ple dret a l'Institut d'Hidrologia⁵⁹.

Pel que fa a les aplicacions dels isòtops a l'agricultura en l'entorn espanyol, també s'havia passat, com en les aplicacions industrials, per una fase de somnis en la qual els isòtops semblaven resoldre tots els problemes principalment els de la fam. Així doncs al 1955 ja hi havia articles que parlaven de les aplicacions d'isòtops per a millorar les collites i augmentar la producció d'aliments. Fins i tot es parlava dels primers ous radioactius que havia post una gallina alimentada amb algues prèviament irradiades⁶⁰. També es parlava d'ús de traçadors per conèixer el metabolisme de les plantes, l'acció dels insecticides i les malalties dels animals provocades per la manca de substàncies vitals⁶¹. Es considerava la possibilitat, també, de sotmetre les llavors de diferents espècies de plantes a l'acció del cobalt radioactiu abans de sembrar-les per aconseguir unes plantes diferents més resistents a les

⁵⁸ Noticiero. *Energía Nuclear*, núm. 52, març-abril de 1968, 117-133.

⁵⁹ DOMÍNGUEZ; DEL VAL COB(1967), 389-401.

⁶⁰ "La puesta de los primeros huevos radioactivos" *Ibérica*, núm. 314, Vol 22,1 d'octubre de 1955, 294.

⁶¹ ROCASOLANO, Cándido (1955) "La energía atómica en agricultura y ganadería", *El Cultivador Moderno*, Any XXXVIII, núm. 3, març, 86.

malalties⁶². També es recollien, a nivell de divulgació, alguns experiments que utilitzaven insecticides i fungicides marcats amb isòtops per esbrinar el procés vital dels insectes i dels fongs i descobrir la millor manera de lluitar contra ells⁶³. Al 1960, encara arribaven notícies sobre experiments d'irradiació de patates als EUA per aturar els brots⁶⁴, i de l'obtenció de pomes golden i cacauets, les llavors de les quals havien estat irradiades⁶⁵.

Si be aquests experiments eren fantasia a Espanya no ho eren a d'altres països, ja que aquestes tècniques havien començat al 1954 quan el Cos d'Intendència (Quartermaster Corps) de l'exercit dels EUA va començar un programa d'esterilització d'aliments amb l'objecte de perllongar la seva durada. Més tard altres països s'hi van afegir com Anglaterra, Canadà i França. A partir de 1960 es va iniciar un camí civil aprofitant l'experiència militar. A mitjans de 1962, la situació europea era de 12 laboratoris que treballaven en la irradiació de carns i 9 en la del peix. Sobre fruites i verdures hi havia 20 laboratoris i 10 sobre aspectes diversos. Hi havia a més, 60 unitats d'irradiació i 100 científics ocupats en aquest tema⁶⁶.

A Espanya, en canvi, encara no s'havia començat cap mena d'activitat en aquest camp. Tanmateix, la construcció de la unitat d'irradiació Nàide va jugar novament un paper providencial, ja que partir de la seva inauguració la JEN van poder començar a fer estudis sobre irradiació de manera sistemàtica en els quals hi va col·laborar l'Institut de Recerques Agronòmiques. Així doncs, la Direcció de Química i Isòtops va fer possible la recerca de la irradiació de patates, cebes, maduixes, llimones, taronges i blat. De tots ells es van fer estudis econòmics i tecnològics i les recerques químiques i biològiques corresponents.

El primer d'aquests estudis va ser sobre les patates i va encetar-se al desembre de 1965 amb dues varietats autòctones Àlava i Gineke amb l'objectiu de

⁶² JUSCAFRESA, Baudilio (1955) "La energia atómica y la agricultura", *El Cultivador Moderno*, Any XXXVIII, núm. 11, març, 407-408.

⁶³ ROCASOLANO, Cándido (1955) "La energía atómica en agricultura", *El Cultivador Moderno*, Any XLI, núm. 1, gener, 20-22.

⁶⁴ "Efectos de los radioisótopos en la conservación de las patatas", *Ibérica*, núm. 421, vol. 31,15 de març de 1960, 213.

⁶⁵ "Obtención de nuevas variedades de frutas por medio de la energía nuclear", *Ibérica*, núm. 300, vol. 31,1 de març de 1955, 168.

⁶⁶ DEL VAL COB, Manuel; ORTIN SUÑÉ, Nicasio (1965) "Conservación de alimentos por irradiación. I.- Evolución y estado actual en el mundo", *Energía Nuclear*, núm. 34, març-abril, 95-111.

determinar la dosi òptima per aconseguir de perllongar el temps d'emmagatzematge i de retardar el desenvolupament dels brots. El treball va ser completat amb una col·laboració entre la Secció d'Isòtops de la JEN i el Laboratori de Fisiologia Animal de la Facultat de Farmàcia de la Universitat de Granada el qual va dur a terme unes proves de comestibilitat de les patates irradiades i la influència de la radiació sobre la seva digestibilitat i valor nutritiu⁶⁷. Quatre anys després, el resultat d'aquestes recerques van tenir la seva repercussió a la indústria alimentària. Així doncs, el BOE de 22 de novembre de 1969 va publicar una ordre del Ministeri de la Governació que autoritzava l'Empresa Ansa-Radiaciones S.A. de Barcelona a l'ús de radiacions gamma de Cobalt 60 per a inhibir brots de patates de consum. Es tractava de la primera autorització espanyola de l'ús d'isòtops en la conservació d'aliments⁶⁸.

L'activitat de recerca en aquest camp, duta a terme per la JEN, va anar acompanyada d'un desplegament legislatiu que va començar el 1965 amb la creació d'una Comissió Interministerial encarregada d'estudiar les possibilitats d'aquestes tècniques de conservació. Aquesta Comissió va elaborar un Projecte sobre la Conservació d'Aliments per Irradiació on s'establien les bases per a una legislació. A l'any següent, el Ministeri d'Indústria va establir per decret la Comissió Assessora de Conservació d'Aliments Irradiats amb seu a la JEN amb l'objectiu que proposés mesures per al desenvolupament industrial de la conservació d'aliments irradiats⁶⁹. A finals d'aquell any, una Ordre Ministerial anunciava la necessitat d'implantar instal·lacions radioactives per a la conservació d'aliments i un decret posterior regulava els tràmits per a la seva aprovació⁷⁰.

A part de la unitat Nàiade, un altre factor que va afavorir les recerques en la irradiació d'aliments va ser la participació de la JEN, a partir de 1965 en el

⁶⁷ RIVAS, A.; GARCÍA DE MATEOS, A.; ORTÍN SUÑÉ, N.; DEL VAL COB, M. (1967) *Conservación de alimentos por irradiación. V. Estudio económico del mercado de patatas en España y posibilidades de su conservación por irradiación*, Madrid, Junta de Energía Nuclear 184-SI/I 17. GARCÍA DE MATEOS LÓPEZ, A.; RIVAS GARCÍA, A.; ORTÍN SUÑÉ, N.; DEL VAL COB, M. (1967) *Conservación de alimentos por irradiación. VII. Investigaciones realizadas con dos variedades (Alava y Gineke) de patatas españolas*, Madrid, Junta de Energía Nuclear, 189-SI/I 18.

⁶⁸ Noticiero. *Energía Nuclear*, núm. 62, novembre-desembre de 1969, 620.

⁶⁹ Decret de 13 d'octubre de 1966 (BOE 31-X-1966)

⁷⁰ Ordre del Ministeri d'Indústria de 8 de setembre de 1966 i Decret Llei de 6-X-1966 (BOE 31-X-1966). ORTÍN SUÑÉ, N. (1967) "Estado actual, posibilidades futuras e impacto económico potencial de la conservación de alimentos por irradiación a escala comercial", *Energía Nuclear*, núm. 48, juliol-agost, 379-387.

Projecte Seibersdorf. Aquest programa internacional havia sorgit un any abans i tenia la finalitat d'estudiar la de conservació d'aliments per irradiació. Estava patrocinat per la Comissió d'Energia Atòmica d'Àustria, l'Organització Europea de Cooperació i Desenvolupament (OECD) i l'Organització Internacional d'Energia Atòmica (OIEA). Aquest projecte, que estava centralitzat a Seibersdorf (Àustria), va començar per l'estudi de la irradiació de suc de fruita del qual la JEN fou l'encarregada dels anàlisis dels aromes dels suc de poma i raïm. L'efecte de la radiació sobre els aromes podia ser valorat per uns equips de tastadors que detectessin les variacions en les propietats organolèptiques o es podia analitzar químicament esbrinant quins eren els components responsables de les variacions de l'aroma. Les recerques del primer tipus es van fer a Seibersdorf mentre que la JEN es va encarregar de les anàlisis químiques dutes a terme, principalment, per mitjà de la cromatografia de gasos. Les irradiacions de les mostres de suc de poma austríaca de diverses varietats i de poma espanyola de les varietats verd donzella i reineta i del suc de raïm austríac es van fer, evidentment a la unitat Nàia. El resultat d'aquestes recerques va posar de manifest que el suc de raïm presentava un olor tant nauseabund que en principi no semblava que el mètode de la irradiació pogués ser un bon mètode de conservació. Pel que feia als suc de poma espanyoles es van descolorir però no van presentar canvis en l'aroma. En canvi en el suc de les pomes austríaques es notava un olor de suc envellit per be que no hi havia olor desagradable. Aquests estudis van posar de manifest que la radiació donava lloc a nous compostos aromàtics per degradació dels compostos no volàtils⁷¹.

Els treballs anteriors sobre els suc de fruita van posar de relleu les dificultats de recerca que comportaven aquest tipus d'estudis però va permetre a la JEN embranchar-se en altres projectes similars. Així, al 1968 la Direcció de Química i Isòtops de la JEN va signar un contracte de recerca amb l'OIEA per estudiar la microflora típica del peix en comparació amb la flora residual supervivent després de la irradiació. L'espècie estudiada va ser el lluç (*Merlucius merlucius*) a la qual es va dedicar més de dos anys de treballs de recerca microbiològica i proves de control per a determinar la dosi òptima que allargués la vida comercial del peix un temps mínim

⁷¹ BARRERA, R.; GASCÓ, L.; DE LA CRUZ, F. (1968) "Alteraciones de aroma en zumos de frutas irradiadas", *Energía Nuclear*, núm. 52, març-abril, 117-133.

justificable⁷². El mateix any, es va signar un altre contracte amb l'OIEA, el qual va durar fins al 1970, per a determinar els components volàtils, és a dir les olors, del peix irradiat. El peix seleccionat va ser també el lluç per la importància que tenia aquest peix en forma congelada, perquè era un component destacat de la dieta local i també pel fet no hi havia bibliografia relacionada amb aquest peix. Així doncs, les mostres es van preparar amb lluç acabat de pescar del Cantàbric del qual es va seleccionar els filets sense pell ni espines. Prèviament, les mostres van ser descongelades i després irradiades a la unitat Nàide. A continuació, van ser conservades a -60° fins al dia següent en què van ser sotmeses al procés d'aïllament de la fracció volàtil. Per a fer això, la mostra va ser triturada en presència d'un litre d'aigua fins a la formació d'un puré fluid. Després es va destil·lar durant cinc hores on es va poder apreciar un olor característic⁷³.

Totes aquestes activitats van portar a la JEN a construir a finals de 1969 un Centre d'irradiació enclavat en el propi Centre de Recerca "Juan Vigón" el qual va disposar d'una planta d'irradiació pilot i d'uns laboratoris amb possibilitat de fer assaigs de comestibilitat d'aliments irradiats⁷⁴. Degut a totes aquestes recerques, la JEN, en representació d'Espanya, va signar un acord entre diversos països del món sobre els aliments irradiats respecte a la seva comestibilitat i inoqüita. Aquest acord venia regulat per un consell d'administració del qual va ser escollit vice-president Ricardo Fernández Cellini⁷⁵.

La agricultura i de retruc la indústria alimentària es van veure, també, beneficiades pels treballs de recerca sobre traçadors tant per determinar les vies de millora dels conreus com per analitzar els efectes dels pesticides. Així doncs, a la JEN es van fer experiments per a determinar la quantitat de fòsfor

⁷² Contracte núm 371/RB sobre la radiosensibilitat de la microflora del lluç fresc. DE LA SIERRA SERRANO, Daniel (1970) "Conservación de alimentos por irradiación. Irradiación de productos de la pesca", *Energía Nuclear*, núm. 68, novembre-desembre, 483-493.

⁷³ Contracte núm.678/RB sobre la determinació de constituents radiolítics volàtils en peix irradiat. BARRERA, R.; GASCÓ, L. (1971) "Compuestos radiolíticos volátiles en pescado irradiado", *Energía Nuclear*, núm. 69, gener-febrer, 21-33.

⁷⁴ FERNÁNDEZ, J.; ORTIN, N. (1972) "Métodos nucleares para reducir la pérdida de los alimentos", *Energía Nuclear*, núm. 76, març-abril, 191-195.

⁷⁵ Donat que Espanya no podia tenir un representant en el comitè de programes científics es va associar amb quatre països més (Sudàfrica, Àustria, Portugal i Suïssa) de manera que van escollir de manera rotatòria entre els cinc un de cada país perquè els representi durant un any. L'any 1971 el representant ser Felipe de la Cruz. Noticiero, "Proyecto internacional de irradiación de alimentos", *Energía Nuclear*, núm. 69, gener-febrer de 1971, 68-69.

retingut en el terra utilitzant una dissolució que contenia Fòsfor 32. També, al 1965 es va analitzar la migració dels nutrients en els sols:

“Recientemente se ha realizado un trabajo en la Sección de Isótopos de esta Junta de Energía Nuclear, sobre la emigración del hierro y manganeso en dos tipos de suelo, uno calizo y otro no calizo, utilizándose ^{54}Mn , y ^{59}Fe tanto en forma inorgánica como orgánica, observándose la influencia de la naturaleza química del compuesto sobre la capacidad de emigración; así, ésta resultó ser casi nula cuando el hierro o manganeso se encontraban en forma de sulfato, y de bastante consideración cuando formaban parte de un quelato, el Mn-EDTA y el Fe-EDDHA”⁷⁶.

Els traçadors van fer un gran servei al desenvolupament de la fisiologia vegetal fins a l'extrem que gran part dels coneixements que té aquesta disciplina se'ls deu a ells. Estudis sobre la fotosíntesis, sobre la nutrició mineral, l'absorció foliar, la lixiviació, la translocació, la polinització han estat fetes utilitzant traçadors. Un dels exemples d'aquestes aplicacions es va donar en el camp dels pesticides i insecticides. Durant la primera meitat dels anys seixanta el nombre de substàncies químiques que es van fer servir per eliminar les plagues va ser tan gran que el residus que deixaven resultaven perillosos per la contaminació que generaven. Per això, l'OIEA i la FAO van encomanar a un grup d'experts l'estudi de les alternatives i el resultat va ser la recomanació de l'ús de radiacions per determinar els residus de pesticides. Així doncs, utilitzant pesticides marcats es podria estudiar la seva evolució i en conseqüència reduir els perills de la seva utilització⁷⁷. A la JEN, al 1966, el grup de treball sobre molècules marcades va anunciar que havia posat a punt un seguit de pesticides marcats entre els quals hi havia Parathion, Metil-Paraoxon i Fenitrothion entre una llista de divuit alguns dels quals sols eres preparat en molt pocs centres al món⁷⁸.

El mateix que succeïa amb els pesticides passava amb els herbicides. Les tècniques havien millorat tant que s'encaminaven cap a l'elaboració d'herbi-

⁷⁶ COSTA YAGÜE, F. (1967) “Empleo de trazadores radioactivos en investigación agrícola”, *Energía Nuclear*, núm. 48, juliol-agost, 363-377.

⁷⁷ “Radioisótops para la protección del peligro de los pesticidas”. Noticiero. *Energía Nuclear*, núm. 36, juliol-agost de 1965, 322-323.

⁷⁸ “Producción de insecticidas marcados con radioisótopos en la Junta de Energía Nuclear”. Noticiero. *Energía Nuclear*, núm. 43, setembre-octubre de 1966, 443.

cides selectius que destruïen solament les males herbes i respectaven les plantes cultivades. En aquí l'ús de traçadors va permetre estudiar els residus que quedaven al terra i la influència que tenien sobre la sembra posterior. Aleshores calia determinar, primer la penetració de l'herbicida amb diferents dosis de rec per a cada tipus de sol. Després, la retenció de l'herbicida pels coloides del terra i la influència de l'argila i la matèria orgànica. I finalment, la degradació del producte per acció dels microorganismes del terra en funció de la humitat, temperatura i la matèria orgànica. Un d'aquests estudis es va fer a la JEN respecte a un herbicida freqüent a les collites de cereals, el 2,4 Diclorofenoxiacètic, conegut com 2,4-D que va ser marcat amb Carboni 14. El resultat d'aquest estudi, model per a estudis posterior, va mostrar que per a la dosis normal d'aplicació d'aquest herbicida, que solia ser de 1kg/Ha, els residus d'un any per a un altre serien escassos degut a la degradació microbiana i a l'arrossegament de l'aigua de pluja⁷⁹.

Pero no solament la hidrologia i l'agricultura van centrar les aplicacions dels traçadors, també a la indústria es van fer aplicacions importants. Possiblement la més rellevant que va dur a terme la JEN va ser per a l'empresa d'automòbils SEAT de Barcelona (Sociedad Española de Automoviles de Turismo) i va implicar també alumnes de l'Escola d'Enginyers Industrials de Madrid. El treball tenia com a objectiu estudiar les característiques del desgast del segment cromat de compressió del motor SEAT 1500 CA utilitzant traçadors radioactius com Ferro 59 i Crom 51, tècnica que presentava l'avantatge de no haver de desmuntar el motor.

Per fer els assaigs es va instal·lar el motor en un banc de proves construït en els locals de la JEN. Es va utilitzar oli SAE-10, especial SEAT-VS de Campsa i gasolina de 96 octans. L'aplicació del mètode radioactiu es va fer en quatre etapes: Primer es va irradiar un joc de segments amb neutrons tèrmics en el reactor nuclear. A continuació es van muntar els segments en el motor. Després es va fer funcionar el motor en diferents condicions i un cop fet això es va mesurar l'activitat de les partícules metàl·liques en l'oli de lubricació.

El motor va operar en la primera fase al ralentit amb càrrega nul·la fins a arribar als 200 km durant 11 hores on es va detectar un major desgast de la

⁷⁹ FERNÁNDEZ Y GONZÁLEZ, J.; ORTÍN SUNÉ, N. (1969) "Empleo de trazadores radioactivos en el estudio de los residuos de herbicidas en el suelo. I. Aplicación al 2,4-D", *Energía Nuclear*, núm. 51, juliol-agost, 325-334.

cara frontal de crom del segment que no pas de la fundició de ferro lateral⁸⁰. Després es va augmentar fins a 3.000 rpm i 10% de càrrega i aleshores es va apreciar un augment de desgast lateral del segment. Posteriorment es va incrementar bruscament fins a 4.000 rpm i 10% de càrrega i es va seguir augmentant fins a 4.500 rpm i 25% de càrrega. Per aquests valors és on es van assolir els majors índexs de desgast⁸¹.

Com hem pogut veure, el període que va des de 1964 i 1971, que correspon als anys transcorreguts entre la tercera i la quarta conferències de Ginebra, la JEN va dedicar bona part dels seus esforços a la irradiació d'aliments i a les aplicacions dels traçadors tant a l'agricultura com a la indústria. A més de les experiències abans descrites també se'n van fer d'altres per a determinar l'aforament de turbines de centrals hidroelèctriques pel mètode d'injecció de cabal constant, per a la detecció de les connexions d'aqüífers en zones d'emplaçament de presses, per estudiar el moviment dels sediments marins a la cala d'Orzán a Galícia, per a la localització de fugues en bescanviadors de calor d'instal·lacions petrolíferes o per fer l'inventari de mercuri en cel·les electrolítiques⁸².

10.- Els generadors isotòpics.

Cap a la segona meitat dels anys seixanta va tenir lloc el desenvolupament d'unes bateries que aprofitant la interacció dels isòtops sobre la matèria produïen electricitat. Eren els generadors isotòpics l'aplicació dels quals es preveia en projectes espacials, en comunicació en llocs hostils i en la recerca submarina. De fet va ser precisament la necessitat de disposar d'electricitat en vehicles espacials, que havien de funcionar en condicions d'absoluta autonomia, la raó per la qual al 1956 es va establir als EUA el programa SNAP (System for Nuclear Auxiliary Power) que tenia dos vessants: una dedicada

⁸⁰ Això es pot explicar si se suposa que el desgast lateral depèn de l'impacte del segment sobre els canals del pistó durant el recorregut de pujada i baixada i també del moviment circular del segment. Però després d'una hora de funcionament el joc entre segment i canals és mínim i aleshores aquests efectes queden disminuïts. També la capa superficial de fosfat que conté zinc és la primera en desgastar-se i per això apareix una quantitat de zinc a les primers mostres.

⁸¹ DEL VAL COB, M.; CHUL YOO, B.; FUENTES FIGUERA DE VARGAS, J. (1971) *Estudio del desgaste de segmentos de motor Seat 1500 CA mediante trazadores radiactivos*, Madrid, Junta de Energía Nuclear, 226-SI/I 19.

⁸² FUENTES, J. (1972) "Aplicaciones industriales y para el estudio, la investigación y la explotación de recursos de los radioisótopos", *Energía Nuclear*, núm. 76, març-abril, 177-183.

al desenvolupament de reactors per a usos espacials i l'altra, a posar a punt fonts isotòpiques productores d'electricitat. En la dècada següent (1956-1966) aquests treballs van experimentar un desenvolupament impressionant fins al disseny de diferents models de generadors.

La ENEA (European Nuclear Energy Agency) va decidir l'estiu de 1964 d'organitzar un grup d'experts per estudiar les necessitats europees de generadors isotòpics d'electricitat i per això va promoure una associació entre Àustria, Bèlgica, Espanya, Holanda, Itàlia, Portugal, Suècia i Suïssa per dur a terme el disseny, construcció i assaig dels generadors isotòpics d'aplicació terrestre. Aquest grup va acordar d'organitzar un Simposi a Harwell al setembre de 1966. En ell hi van assistir 220 persones de 16 països i 5 organitzacions internacionals. La representació espanyola va estar formada per membres de la JEN, de la Direcció General de Ports i Senyals Marítimes del MOP, de l'INTA, de l'INI i del Servei de Meteorològic Nacional.

En aquest Simposi es va poder copsar les múltiples possibilitats d'aquestes bateries en camps com les telecomunicacions, les estacions meteorològiques, les balises, les sirenes marines, les boies, els sismògrafs marins, les granges pesqueres i les estacions marines de bombeig. També es podien aplicar tan per a produir un corrent elèctric que assegurés la protecció catòdica contra la corrosió de canonades i dipòsits en zones allunyades de les xarxes d'electricitat, com en pròtesis de caràcter mèdic, per alimentar dispositius d'estimulació i control de ritme cardíac.

En aquest Simposi també es va poder valorar el nivell de desenvolupament dels generadors isotòpics en alguns països més avançats, com la Gran Bretanya on hi havia el programa RIPPLE de construcció de set models de generadors d'Estronci 90. A França s'estava estudiant la posada en marxa d'un generador de conversió termoiònica alimentat per Plutoni 238. A més, hi havia una associació de dues empreses (SNECNA i CSF) que treballaven en la posada a punt dos generadors: un per l'espai i l'altre per aplicacions submarines. La Hispano-Suïza sota control de l'Euratom, també, estava desenvolupant un altre generador termoelèctric i la Casa Bölkow d'Alemanya en cooperació amb la Siemens i la Universitat de Munich projectaven un generador isotòpic amb termoparells de germani i silici⁸³.

⁸³ DOMINGUEZ, Germán. (1967) "Simposio sobre las aplicaciones industriales de los generadores isotópicos", *Energía Nuclear*, núm. 45, 59-71.

Una de les activitats que va dur a terme el grup d'estudis sobre bateries isotòpiques en col·laboració amb el Comissariat de l'Energie Atomique de França va ser una enquesta entre 200 cardiòlegs sobre el possible desenvolupament d'un marcapassos alimentat per un generador isotòpic⁸⁴. El resultat va ser la implantació a partir de l'any 1970 dels marcapassos alimentats amb generadors isotòpics⁸⁵. A l'any següent els set països implicats en el grup d'experts van acordar de permetre la lliure circulació dels portadors d'aquests marcapassos cardíacs en els seus territoris si estaven dissenyats amb les normes de seguretat que havien conjuntament⁸⁶.

11.- Els productes exempts.

La llei 25/1964 de 29 d'abril sobre Energia Nuclear considerava com instal·lacions radioactives a aquelles que tenien una font radioactiva. És a dir, els aparells que les generaven i els locals, laboratoris, fàbriques i instal·lacions que produïen, manipulaven o emmagatzemaven materials radioactius. No obstant això, quedaven excloses de la llei aquelles fonts radioactives que per la seva poca intensitat no comportaven risc com per exemple els rellotges amb esferes lluminoses.

A principis del segle XX després dels treballs del Marie Curie, se sabia que si s'afegien substàncies radioactives com el Radi 226 als cristalls de sulfur de zinc es produïa una lluminositat degut a les emissions de partícules alfa. Ben aviat la indústria rellotgera va començar a aplicar-ho a les esferes tant de rellotges com d'instruments de mesura.

Als anys vint als EUA aquestes pintures lluminoses s'aplicaven a les empreses de rellotges amb tan poques mesures de control que algunes treballadores, desconeixent el perill que corrien, tenien el costum de dur-se a la boca els pinzells per a afilar-los. El resultat va ser que algunes d'elles van morir a causa del Radi.

A Espanya hi havia hagut una progressiva introducció dels rellotges amb esferes lluminoses, els detectors de fum que contenien petites fonts radioacti-

⁸⁴ Noticiero. "¿Interessa desarrollar en Europa corazones artificiales alimentados con un generador isotópico?", *Energía Nuclear*, núm. 70, març-abril de 1971, 158.

⁸⁵ Noticiero. "Porvenir de los generadores isotópicos de energía.", *Energía Nuclear*, núm. 70, març-abril de 1971, 159.

⁸⁶ Noticiero. "Acuerdo internacional sobre libre desplazamiento de portadores de marcapasos cardíacos alimentados con baterías isotópicas", *Energía Nuclear*, núm. 74, novembre-desembre de 1971, 564.

ves o els eliminadors de l'electricitat estàtica. Tots aquests aparells estaven equipats amb fonts radioactives que emetien dosis inferior al fons de radiació natural. Tanmateix, l'elevat nombre d'aquests aparells, que individualment eren innocus, podia presentar un seriós problema degut a la seva difusió i al considerable volum que en conjunt representaven.

El 1965 es va establir un acord entre l'OIEA (Organisme Internacional d'Energia Atòmica), l'ENEA (European Nuclear Energy Agency) i la OMS per estudiar el problema de la difusió d'aquests articles. El primer pas va ser realitzar una enquesta a més de 40 països per esbrinar quina classe de productes eren els que contenien isòtops radioactius. El resultat va plasmar-se en una Guia elaborada per un comitè d'experts i aprovada en una reunió el setembre de 1969. La Guia va establir diferents categories de productes: Productes i aparells lluminosos; Dispositius electrònics i elèctrics; Dispositius antiestàtics; Detectors de gas i d'aerosols (fums); Objectes de ceràmica, de cristall o d'aliatges; Altres dispositius i compresos instruments científics. Però de tots ells els més difosos eren els rellotges i indicadors lluminosos i el seguien els detectors de fum. En alguns casos era difícil determinar la composició ja que no es feien indicacions que hi hagués cap element radioactiu⁸⁷.

Aquesta situació va sensibilitzar a la JEN, la qual a partir de 1965 va començar a fer una sèrie de treballs per determinar la perillositat dels rellotges lluminosos que era el producte d'aquest tipus més difós entre la població espanyola. En aquesta línia la Divisió de Medicina i Protecció va entrar en contacte amb empreses de fabricació, reparació i distribució de rellotges luminiscents per disposar de materials per a fer estudis preliminars. Els resultats d'aquests treballs van posar de manifest que les diferents esferes i sages estudiaades, que no eren de rellotges sinó de tacòmetres, manòmetres i termòmetres principalment emprats en alguns avions, eren majoritàriament pintades amb Radi 226. Precisament, l'isòtop que quedava prohibit a nivell internacional en rellotges de butxaca i que es recomanava reduir el seu ús en benefici del Triti (H-3) i el Prometi 147 (Pm-147) que eren menys contaminants. Els autors d'aquest treballs, José L. Monleón i A Velilla de la Divisió de Medicina i Protecció, resumien amb aquesta frase el resultat de les seves experiències:

⁸⁷ RAMOS RODRÍGUEZ, Eduardo (1970) "Control y vigilancia de productos industriales 'exentos' que contienen núclidos radiactivos". Comentarios a una Guía de la OCDE, OIEA, OMS", *Energía Nuclear*, núm. 67, setembre-octubre, 419-425.

*“en algunas de las muestras recibidas existía contaminación no sólo en el reloj sino incluso en el papel en que éste venia envuelto. En general se debía a un mal proceso de fijación de la pintura luminosa que se ponía de manifiesto sometiendo cada una de las esferas a la luz ultravioleta”*⁸⁸.

Tot i que en alguns països com Suïssa els rellotges amb esferes lluminoses van ser objecte de legislació especial. Pel que fa a Espanya, el Reglament de Cobertura de Riscs Nuclear de 22 de juliol de 1967 va continuar mantenint que no entraven en la classificació d'instal·lacions radioactives aquelles que no comportaven riscos. Tanmateix, la Llei Nuclear espanyola i el Reglament de Cobertura van regular la reparació dels danys causats establint que hi havia dos tipus de danys: immediats, que eren els que es produïen en un termini de deu anys, i diferits si tenen lloc fora d'aquest termini. Els immediats eren indemnitzats pel responsable i els diferits per l'Estat. D'aquesta manera es tenia en compte els interessos dels perjudicats en atorgar-los les indemnitzacions corresponent⁸⁹.

12.- La culminació d'una etapa.

La dècada dels anys setanta va significar la recollida dels fruits de tota la tasca duta a terme per la JEN en els anys anterior. Possiblement l'element més representatiu va ser el projecte i construcció d'una unitat d'irradiació per a una empresa privada destinada a esterilitzar productes medico-quirúrgics. La unitat, amb una capacitat de 330.000 curies de Cobalt 60 i la possibilitat de tractar 5.000 m³/any de material, va rebre el nom de Cesar i va ser construïda per la JEN per als laboratoris Aragó propietat de Josep M. Aragó Mitjans situats a les Franqueses del Vallés prop de Granollers (Barcelona). Al 1971 va aconseguir el permís d'explotació provisional i a l'any següent el definitiu. Cap a la dècada dels vuitanta aquesta empresa va passar a ser una societat anònima i es va desdoblar en dos Aragogamma S.A. que és l'actual planta d'irradiació i Laboratori Aragó S.A. on es fabriquen sutures⁹⁰. Tot i que les

⁸⁸ VELILLA MANTECA, Antonio (1968) “Relojes de esferas luminiscentes”, *Energía Nuclear*, núm. 51, gener-febrer, 41-53.

⁸⁹ DE LOS SANTOS LASURTEGUI, Alfonso; CORRETJER PALOMO, Luz (1969) “Aspectos jurídicos del uso de fuentes de radiaciones ionizantes”, *Energía Nuclear*, núm. 61, setembre-octubre, 431-440.

⁹⁰ FUENTES (1972), 177-183.

aplicacions d'aquesta empresa són principalment per la medicina també ofereix serveis a la indústria farmacèutica, a la cosmètica i a l'alimentària. La irradiació està totalment automatitzada i es realitza amb el producte empaquetat en capses cúbiques estàndards de 30 cm de costat i un pes màxim de 7,5 kg. En el seu prospecte anunciador Aragogamma es presenta com la única planta industrial de irradiació existent a Espanya.

La instrumentació nucleònica que havia experimentat un increment al llarg de la dècada dels seixanta va anar incrementant-se fins a assolir un cert equilibri a principis de la dècada dels noranta amb una taxa de reposició d'unes cent fonts encapsulades per any⁹¹.

Respecte a les aplicacions dels isòtops a la indústria alimentària els treballs per eradicar la mosca de la fruita (*Ceratitis capitata*) pel mètode dels mascles esterilitzats per irradiació havia començat a donar resultat reduint-se la població d'aquest insecte a Tenerife i a Múrcia⁹². La JEN també va participar en el projecte d'irradiació d'aliments establert per l'ENEA i l'OIEA amb la col·laboració de la FAO i l'OMS.

La Secció d'Isòtops va dur a terme, a principi dels setanta, proves de comestibilitat de farina de peix, irradiada per tal d'eliminar els microorganismes patògens, que s'utilitzava per alimentar aus i porcs. Les proves es van fer en col·laboració amb el Servei de Fisioloogia de l'Institut Nacional de Recerca Agrària (INIA) i es van utilitzar 150 pollastres mascles d'un dia de la classe Cobb. D'acord amb el protocol adoptat per l'OIEA es van fer proves de control setmanal que van consistir en mesures i anàlisis per demostrar que el mètode de la irradiació presentava avantatges i no tenia efectes perjudicials en cap aspecte pels animals assajats⁹³.

Una aplicació de la unitat Nàide a principis dels anys 70 va ser els estudis sobre la polimerització dels monòmers de la fusta. L'objectiu era millorar les propietats de les fustes mitjançant la utilització d'isòtops emissors de radiació gamma d'alta energia ja que s'havia comprovat que es podien obtenir llargues molècules plàstiques de monòmers. Els resultats aconseguits amb

⁹¹ CARO (1995), 306.

⁹² FERNÁNDEZ, J.; ORTIN, N. (1972) "Utilización de métodos nucleares para aumentar la producción de alimentos de origen vegetal", *Energía Nuclear*, núm. 76, març-abril, 185-189.

⁹³ DE LA SIERRA SERRANO, D.; CASAS MEDINA, F. (1974) "Pruebas de comestibilidad de alimentos irradiados. I. A. Prueba inicial en aves de comestibilidad de harina de pescado irradiada", *Energía Nuclear*, núm. 87, gener-febrer, 29-39.

fustes de pollancre produïts a Espanya van permetre augmentar la resistència mecànica i van reduir l'absorció de l'aigua fins a límits insospitats⁹⁴.

13.- Conclusió.

Les aplicacions dels isòtops a la indústria fins a 1955 van haver de superar primer una fase que hem denominat com de somnis. La societat espanyola d'aleshores estava afectada encara per les conseqüències més directes de la guerra civil i patia de forma molt contundent la carestia i el racionament. Conseqüentment, aquestes tècniques dels isòtops, que de ben segur eren realitat als països més avançats, apareixien a ulls dels espanyols gairebé com quelcom irrealitzable. Els articles de divulgació de les revistes tècniques hi van contribuir de ben segur a engrescar a més d'un. No obstant això, la realitat va ser diferent ja que va caldre esperar alguns anys perquè aquestes aplicacions es generalitzessin. Sols hi va haver una única experiència en el camp de la soldadura i va ser possible per la intervenció d'una empresa estrangera.

A partir de la primera conferència de Ginebra el 1955 la situació respecte a tot allò que tenia a veure amb les aplicacions pacífiques de l'energia nuclear va donar un canvi substancial, gràcies a la política Àtoms per la Pau. La col·laboració entre Espanya i els Estats Units es consolida amb el primer reactor JEN-1, fruit d'un acord signat el 1955 i inaugurat el 1958 any de la segona conferència de Ginebra. Aquesta nova situació va resultar definitiva per al desenvolupament de les aplicacions dels isòtops. La mínima infraestructura aconseguida es va veure completada amb la creació de la Secció que havia de dur la gestió dels isòtops.

Gairebé al mateix temps que es creava la Secció d'Isòtops des de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyers Industrials de Barcelona s'impulsava l'establiment d'uns cursos de formació d'usuaris. No obstant això, aquests van començar a ser impartits a Madrid, mentre que Barcelona, on hi havia una demanda potencial més gran degut al teixit industrial existent, treballava intensament per poder acollir alguns d'aquests cursos cosa que va reeixir finalment en algunes edicions no sense dificultat.

Si en el camp de la formació es manifestava un interès pels isòtops, en el camp de les aplicacions pràctiques hi havia un cert desfasament entre els

⁹⁴ ESPARRAGUERA, I. (1974) "Radiopolimerización de monómeros en madera", *Energía Nuclear*, núm. 89, maig-juny, 157-165.

esforços duts a terme per la JEN i la demanda real de la societat. Així doncs, els isòtops fabricats van permetre reduir les importacions i van comportar un estalvi de divises. Tanmateix es van produir en quantitats superior a les demandes del mercat, cosa que va obligar, d'una banda, a buscar nous mercats a l'exterior i de l'altra a fomentar les necessitats entre uns empresaris poc donats a les innovacions. En conseqüència, tot i les dificultats que comportava el conservadorisme industrial s'havia passat de la fase dels somnis a la del foment de les necessitats, gràcies, principalment a la col·laboració amb els països avançats.

A la dècada dels seixanta i principalment entre els anys 1963 i 1967 va tenir lloc una implantació considerable de les aplicacions dels isòtops a la indústria. Prova d'això va ser la difusió i consolidació de la gammagrafia per a soldadura i la fabricació i introducció dels aparells de control industrial equipats amb isòtops que s'empraven per mesurar gruixos, nivells i altres propietats dels materials.

A partir de 1964, un dels camps on hi va haver una ampla difusió va ser a l'agricultura, principalment pel que fa a la conservació d'aliments per irradiació. A aquesta tècnica va contribuir de manera decidida la unitat de irradiació Nàide que va construir la JEN i que va representar un salt qualitatiu pel que feia a les aplicacions dels isòtops. Amb aquesta instal·lació es va poder irradiar patates i es va obrir les portes a que al 1969 una empresa fos autoritzada a comercialitzar aquest producte. També va facilitar la col·laboració de la JEN en projectes internacionals per dur a terme recerques sobre els aromes dels sucres de fruita i sobre el lluç.

Entre 1964 i 1971, que són les dates de la tercera i la quarta conferències de Ginebra, a més de les aplicacions anterior va implantar-se de manera progressiva l'ús de traçadors en camps tant importants com la hidrologia. Però, on la JEN va dedicar molta més atenció va ser en els pesticides i els herbicides dels quals en va fabricar de marcats amb Carboni 14 per utilitzar-los com a traçadors i determinar els efectes d'aquests productes sobre la sembra posterior. L'exemple més sorprenent, però, va ser l'ús de traçadors per a determinar el deteriorament dels segments d'un motor per encàrrec d'una important empresa automobilística.

Al mateix any, la JEN es va integrar en un projecte internacional sobre la promoció dels generadors isotòpics. Aquestes bateries generadores d'electricitat van donar el seu fruit al 1970 amb la seva implantació als marcapassos cardíacs.

Si intentéssim establir una periodització en les aplicacions dels isòtops a la indústria ens trobaríem amb que les fites principals estan marcades per les dates de celebració de les conferències de Ginebra. Cosa que evidencia la importància de l'intercanvi i de la col·laboració que representaven aquests esdeveniments. A part del context internacional favorable, en el context espanyol va ser fonamental l'esforç de la JEN en la fabricació dels isòtops. Com a resultat de tot això, a principi dels anys 1970 es va poder recollir els fruits amb la inauguració d'una empresa privada situada a prop de Barcelona i dedicada a l'esterilització de productes medico farmacèutics la qual, única en tot l'Estat espanyol, és encara operativa a l'actualitat.